BEITRAG ZUR PETROGRAPHIE DER OBERHARZER KULMGRAUWACKE

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der
Mathematisch - naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg - August - Universität Göttingen

vorgelegt

von

Bernhard Mattiat

Göttingen

Göttingen 1959

Referent: Professor Dr. C. W. CORRENS
Korreferent: Professor Dr. E. BEDERKE

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember

Beiträge zur Mineralogie und Petrographie 7, 242—280 (1960)

Aus dem Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Göttingen

Beitrag zur Petrographie der Oberharzer Kulmgrauwacke

Von

Bernhard Mattiat

Mit 17 Textabbildungen

(Eingegangen am 25. Februar 1960)

6211/61

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Einleitung 242
II. Zur Geologie 243
III. Wahl und Beschreibung der Aufschlüsse 243
IV. Makroskopische Beschreibung 246
V. Untersuchung der Tonschiefer 250
VI. Mikroskopischer Befund 252
VII. Quantitative chemische Analyse 272
VIII. Diskussion der Untersuchungsergebnisse 274
Zusammenfassung 278
Literatur 278

I. Einleitung

Der Begriff „Grauwacke" hat vor etwa 120 Jahren Eingang in die geologische und mineralogische Fachwelt gefunden. Es wird damit ein klastisches Gestein bezeichnet, das neben selbständigen Mineralen auch noch Gesteinsbruchstücke verschiedenster Herkunft enthält. Der Rahmen für die Korngröße derartiger Gesteine ist sehr weit gespannt. Es können innerhalb eines Komplexes sowohl konglomeratische Typen auftreten, als auch solche mit der mittleren Korngröße eines Feinsandes.

Im nord- und westdeutschen Raum sind es besonders zwei Gesteinskomplexe, die seit langer Zeit als „Grauwacke" bezeichnet werden. Es sind das die „Tanner Grauwacke", die hauptsächlich im Südharz aufgeschlossen ist, und die „Kulmgrauwacke", die große Gebiete des Nordwestharzes aufbaut und ferner im Rheinischen Schiefergebirge weit verbreitet ist.

Besonders von geologischer Seite sind inzwischen verschiedene wertvolle Arbeiten, meist mit dem Ziel einer stratigraphischen Gliederung der Grauwacken dieser Gebiete, geleistet worden.

Eine gründliche mineralogisch-petrographische Untersuchung dieser Gesteine blieb bis vor wenigen Jahren aus. Die 1953 erschienene Arbeit von Helmboldt[15] war ein erster Schritt in dieser Richtung. Die Tatsache, daß dieser Beitrag erst so spät erschien, wird von Helmbold mit Recht durch die mannigfaltigen Schwierigkeiten erklärt, die dieses Gestein einer genauen quantitativen Untersuchung entgegensetzt.

Es lag nun nahe, die in dem uns zugänglichen Teil des Harzes in weit größerem Maße aufgeschlossene Kulmgrauwacke ebenfalls einer mineralogisch-petrographischen Untersuchung zu unterziehen.

Ziel dieser Untersuchung war es, mit den verschiedensten mineralogisch-petrographischen Methoden wesentliche Charakteristika für dieses Gestein

herauszuarbeiten, das ja eines der ersten war, für das man den Namen Grauwacke anwendete. Außer dieser reinen Charakterisierung sollte eine Deutung seiner Entstehungsbedingungen versucht werden.

II. Zur Geologie

Versuche zur stratigraphischen Gliederung der Kulmgrauwacke im Oberharz gehen bis in die achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurück. v. Groddeck (1883): Liegendste konglomeratfreie „Clausthaler Grauwacke" und hangende konglomeratführende „Grunder Grauwacke".

Tektonische Verhältnisse, relative Fossilarmut und rasche Faciesänderungen erschwerten die Arbeit immer wieder.

Seit etwa 1949 ist dieses Gebiet Ziel gründlicher Untersuchungen durch das Amt für Bodenforschung in Hannover. Ausgangspunkt für diese neuen Versuche einer Gliederung des Oberharzer Kulm ist die paläontologische Gliederung des Karbon durch H. Schmidt[37] (1925). Danach erwiesen sich Leitformen von Goniatiten der striatus- und granosus-Gruppe für die Gliederung der Kulmstufe III im Oberharz als brauchbar.

So gehen diese neuesten geologischen Forschungen im Oberharzer Kulm von rein paläontologischen Gesichtspunkten aus und führen zu dem Bild eines Meeresbeckens, das man als Saumtiefe der „Mitteldeutschen Schwelle" ansehen kann, und das mit deren fortschreitender Hebung (Visé) von SE her immer mehr eingeengt und aufgefüllt wird.

Der Entwurf eines neuen Faciesschemas durch H. Schneider[38] zeigt, „wie die Grauwacke in Form von dachziegelartig sich überlappenden Vorschüttungslinsen generell von SE nach NW fortschreitend, und ein nicht allzu tiefes Meeresbecken vom Küstensaume her nach und nach auffüllend, abgelagert wurde".

III. Wahl und Beschreibung der Aufschlüsse

Bei Berücksichtigung der oben beschriebenen geologischen Situation und in Hinblick auf die Zeit, die mir für diese Arbeit zur Verfügung stand, schien es mir sinnvoll, bei der Auswahl der Aufschlüsse so vorzugehen, daß ich mir aus jeder stratigraphischen Einheit mindestens einen Aufschluß aussuchte. Für die Detailuntersuchung wählte ich einen aus der tiefsten (III β3) und einen aus der höchsten (III γ) grauwackeführenden Kulmstufe dieses Gebietes aus.

Es sind das in stratigraphischer Reihenfolge:

1. Ein Aufschluß in einem kleinen Seitental des Siebertales NE vom Ort Sieber (III α?) (Blatt Riefensbeek).

2. Ein kleiner Aufschluß am Tellertalskopf unterhalb des Stöberhai. Die meist mittelkörnigen Grauwacken sind hier auffallend frisch und zeigen in den Stichproben einen auffallend hohen Schwermineralgehalt (besonders Zirkon). Auch dieser Steinbruch ist stratigraphisch nicht sicher, vermutungsweise gehört er in die Zone III α (Blatt Zorge).

3. Der klassische Konglomerataufschluß an der Südseite der Sösetalsperre am Sösekopf (III β3) (Blatt Osterode).

4. Der Aufschluß an der Altenauer Vorsperre der Okertalsperre (Blatt Zellerfeld).

5. Der Aufschluß am Engelntalskopf am Nordufer der Sösetalsperre (III β3) (Blatt Osterode).

6. Der Aufschluß: Jungscher Steinbruch SW von Wildemann im Innerstetal (Grenze IIIβ5/6—7) (Blatt Zellerfeld).

7. Der Aufschluß Steigertal, ein Seitental des Innerstetales nördlich von Lautenthal (IIIβ7) (Blatt Seesen).

8. Ein Aufschluß im großen Steimkertal (IIIγ) (Blatt Lutter am Bbg.).

9. Ein Aufschluß im Oberen Schildautal östlich von Seesen.

Bei den Aufschlüssen 4 und 8 entnahm ich jeder Schicht mindestens eine Probe orientiert (Abb. 1).

Aufschluß Okertalsperre Altenauer Sperrmauer (Ok I)

Es handelt sich hier um einen Straßenaufschluß unmittelbar an der Altenauer Vorsperre der Okertalsperre an der SW-Spitze des Ochsenberges. Stratigraphisch gehört er zur Kulmstufe IIIβ3. Die Lagerungsverhältnisse sind hier eindeutig und wenig gestört. Der Bruch erstreckt sich an der Ostseite des alten Flußbettes etwa 40 m von NNE nach SSW. Die Schichten haben ein durchschnittliches Einfallen von 30—40° nach SSE.

Abb. 1. NW-Harz. Lageskizze für die einzelnen Aufschlüsse

Die Probenahme begann willkürlich genau gegenüber dem nördlichen Brückenpfeiler.

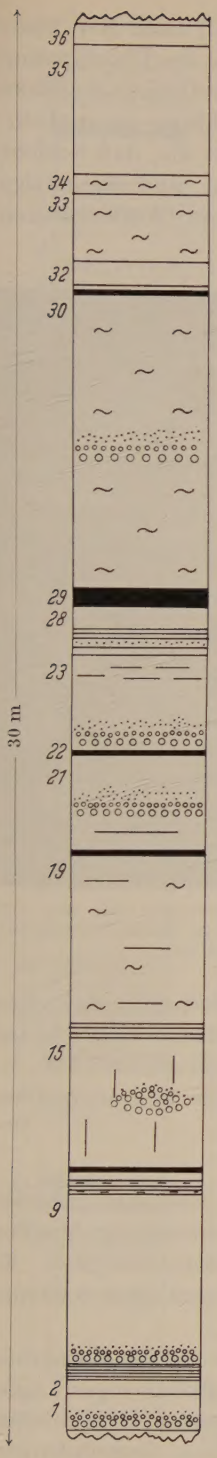
Als Liegendes haben wir hier eine etwa 15 m mächtige Bank massiger mittelkörniger Grauwacke. Darunter wechsellagern in Schichten von ca. 5—20 cm Mächtigkeit feine Grauwacken mit Tonschiefer. Die Probenahme ging bis zu einer deutlichen Störung im SSW-Teil des Aufschlusses. Im einzelnen baut sich der Aufschluß vom Hangenden zum Liegenden aus folgenden Schichten auf (Abb. 2).

Aufschluß Großes Steimkertal (GrSt. IV)

Dieser Aufschluß liegt in der äußersten NW-Spitze des Harzes an der Ostseite des Großen Steimkertales an der Westflanke des Steimker Berges. Stratigraphisch gehört er in die Kulmstufe IIIγ.

Der Gesamtaufschluß umfaßt beim derzeitigen Stand des Abbaues fünf einzelne Brüche. In diesen Brüchen ist bankige, meist mittelkörnige, feste Grauwacke anstehend. Den Bänken sind feine Tonlagen z. T. mit Pflanzenhäcksel zwischengeschaltet. Zwischen den einzelnen Brüchen wurden mächtige Tonschiefer- und Wechsellagerungspakete beim Abbau stehengelassen.

Die Probenahme erfolgte im oberen südlichen Bruch (Bruch Nr. IV). Der Aufschluß hat eine Breite von 40 m und eine Höhe von 12—15 m. Das Einfallen



36: 40 cm fk Grauwacke: mit dunklen Lagen.

35: 250 cm mk Grauwacke.

34: 40 cm mk Grauwacke: Tonschmitzen und Pflanzenreste.

33: 145 cm mk Grauwacke: vereinzelt Tonschieferschmitzen.

32: 50 cm fk Grauwacke: mit dunklen Lagen.

31: 12 cm fk Grauwacke: mit dunklen Lagen.

31a: 5 cm Pflanzenhäcksel.

30: 600 cm mk Grauwacke: zahlreiche Tonschieferflatschen. In der Mitte eine etwa 1 m mächtige grobkörnige Einschaltung.

29: 40 cm Tonschiefer: im Liegenden mit fk. Grauwacke wechsellagernd, setzt ohne scharfe Schichtgrenze zunächst wellig ein.

28: 50 cm mk Grauwacke.

27: 10 cm sehr feinkörnig und tonig. Im Hangenden Wellenrippeln.

26: 9 cm dünnlagige, weiche, tonige Bank.

25: 23 cm mk-grk Grauwacke: setzt mk ein, nach 5—10 cm kommt eine grobkörnige Einschaltung, etwa 15 cm mächtig und nicht durchgehend.

24: 15 cm feine Wechsellagerung mit feinen, glimmerhaltigen Zwischenlagen.

23: 200 cm mk Grauwacke: setzt grobkörnig ein, wird nach 20 cm rasch mk-fk und neigt in den hangenden Partien zu schichtparalleler Absonderung.

22: 5 cm weiche, tonige Zwischenlage. An der Basis Pflanzenhäcksel.

21: 200 cm mk Grauwacke: nach 55 cm tonige Einschaltung, danach eine etwa 50 cm mächtige grobe Einschaltung. Zum Hangenden hin wird die Bank wieder mk.

20: 7 cm plattige, tonige Zwischenlage.

19: 360 cm grk Grauwacke: Schieferflatschen und feinkörnige Partien eingeschaltet. Querklüften.

18: 5 cm fk Grauwacke: weich, in viele dünne Einzellagen geteilt. Im Hangenden große Tonschieferflatschen eingeschaltet.

17: 14 cm fk Grauwacke: durchgehende, dunkle Lagen, rote Verwitterungsfarben.

16: 7 cm fk Grauwacke: durchgehende dunkle Lagen.

15: 280 cm mk Grauwacke: mit Querklüften und grobkörnigen Lagen.

14: ? cm weich, tonige Zwischenlage zum Teil verharnischt.

13: 23 cm fk Grauwacke: Querklüfte mit Kluftmineralen.

12: 12 cm fk Grauwacke: mit dünnen, tonigen Lagen.

11: 12 cm fk Grauwacke: im Liegenden dunkle Streifen.

10: 3 cm fk Grauwacke: weich, mit Tonschieferflatschen.

9: 350 cm mk Grauwacke: grobkörnig einsetzend.

8: 5 cm fk Grauwacke.

7: 6 cm fk Grauwacke.

6: 4 cm fk Grauwacke.

5: 4 cm fk Grauwacke.

4: 6 cm fk Grauwacke.

3: 5 cm fk Grauwacke.

2: 25 cm fk Grauwacke.

1: 75 cm mk Grauwacke: an der Basis eine etwa 10 cm mächtige grobkörnige Lage.

Abb. 2. Blockprofil, Aufschluß Ok I, Okertalsperre, Altenauer Vorsperre

der Schichten ist hier wie in den übrigen Brüchen steil (105°) nach NW überkippt. Das Streichen verläuft etwa 45° nach NE. Die Tatsache der Überkippung ist hier leicht festzustellen, wenn man die Eigenschaft vieler Grauwackebänke beachtet: im Liegenden grobkörnig und in wulstiger Ausbildung einzusetzen. Eine weitere Beobachtung, die zu demselben Schluß führt, ist die, daß Schicht Nr. 48 in ihrer hangenden Schichtfläche tonig ausgebildet ist, und eigenartige Vertiefungen aufweist, ähnlich wie man sie am Boden von Wattenmeeren beobachten kann.

Abb. 3. Tonig ausgebildete Liegendfläche einer Grauwackebank mit verschiedenen, sich zum Teil überschneidenden „drag markings" im Sinne von PH. H. KUENEN. Aufschluß Großes Steimkertal, nördliche Flanke von Bruch Nr. IV aufgenommen am 16. 8. 58

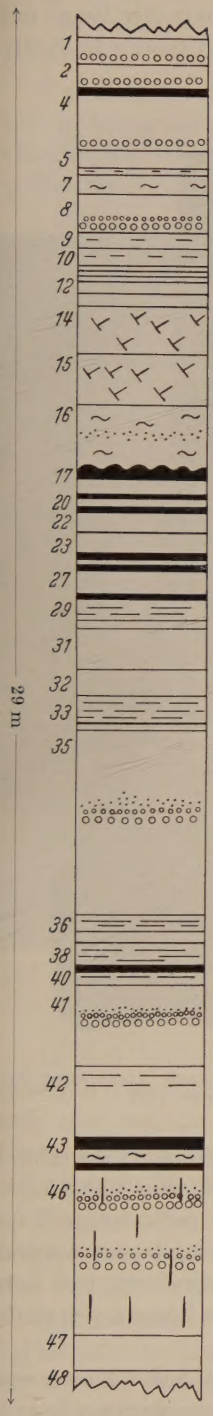
Er beginnt nach einem etwa 10 m mächtigen Tonschieferpaket, das seine nördliche Flanke bildet. Im Bruch stehend, sieht man in nördlicher Richtung auf die tonig ausgebildete gewaltige Liegendfläche einer Grauwackeschicht (Abb. 3).

Der Aufschluß ist vom geologisch Hangenden zum Liegenden folgendermaßen aufgebaut (Abb. 4).

IV. Makroskopische Beschreibung

Die Erscheinungsbilder der Oberharzer Kulmgrauwacke sind sehr mannigfaltig. Im allgemeinen handelt es sich um ein bankig anstehendes im frischen Zustand grau bis graugrün aussehendes Gestein mit großer Bruchfestigkeit. Es überwiegen die mittelkörnigen Typen, deren Korngrößen kaum über 0,65 mm hinausgehen.

Von dieser Ausbildungsform gibt es besonders im Hinblick auf die Korngröße allerlei Abweichungen. Nicht selten sind Einschaltungen von grobkörnigen Lagen in sonst mittelkörnig ausgebildeten Grauwackebänken. Sie bestehen im wesentlichen aus nicht besonders gut gerundeten Quarzen, Feldspäten, Gesteinsbruchstücken und dunkelgrauem Zwischenmittel. Der Durchmesser der groben Körner



1: 55 cm mk Grauwacke: grobkörnig einsetzend.
2: 45 cm mk Grauwacke: grobkörnig einsetzend.
3: 13 cm Tonschiefer.
4: 100 cm mk Grauwacke: grobkörnig einsetzend.
5: 45 cm grk Grauwacke: in der Mitte grk Lage, 10 cm mächtig.
6: 6 cm fk Grauwacke: mit grobem Pflanzenhäcksel.
7: 40 cm fk Grauwacke: zahlreiche Tonflatschen und Pflanzenreste. Im Hangenden tonige Wechsellagerung.
8: 75 cm grk Grauwacke.
9: 30 cm fk Grauwacke: mit tonigen Lagen.
10: 35 cm mk Grauwacke.
11: 25 cm feine Tonschiefer-Grauwacke-Wechsellagerung.
12: 25 cm mk Grauwacke.
13: 20 cm mk Grauwacke.
14: 100 cm fk Grauwacke: brüchig und feinschichtig.
15: 100 cm grk Grauwacke: sehr brüchig.
16: 140 cm mk Grauwacke: wulstig einsetzend in der Mitte durchgehende grk Lagen. Tonige und grobkörnige Einschaltungen.
17: 17 cm Tonschiefer.
18: 25 cm mk Grauwacke.
19: etwa 5 cm Tonschiefer.
20: 18 cm mk Grauwacke.
21: 5 cm Tonschiefer.
22: 38 cm fk Grauwacke: grobkörnige Linsen eingeschaltet.
23: 39 cm fk Grauwacke.
24: 8 cm Tonschiefer.
25: 13 cm fk Grauwacke.
26: 7 cm Tonschiefer.
27: 52 cm mk Grauwacke.
28: 5 cm Tonschiefer.
29: 40 cm mk Grauwacke: mit feinen tonigen Lagen (stinkt beim Anschlagen).
30: 12 cm mk Grauwacke.
31: 80 cm fk Grauwacke.
32: 50 cm mk Grauwacke.
33: 60 cm fk Grauwacke: mit feinen dunklen Lagen.
34: 8 cm Tonschiefer.
35: 380 cm mk Grauwacke: in der Mitte grk Einschaltung.
36: 30 cm fk Grauwacke: mit Tonschiefer wechsellagernd.
37: 15 cm fk Grauwacke.
38: 50 cm grk Grauwacke.
39: 10 cm Tonschiefer.
40: 25 cm fk Grauwacke: im Hangenden tonig ausgebildet.
41: 160 cm fk Grauwacke: in der Mitte grk-Einschaltung.
42: 150 cm mk Grauwacke: im Hangenden tonig ausgebildet.
43: 10 cm Tonschiefer.
44: 60 cm fk Grauwacke: zahlreiche kohlige Schmitzen.
45: 4 cm Tonschiefer.
46: 330 cm mk Grauwacke: mehrere durchgehende grk Lagen, z. T. calcitisch imprägniert. Klüftung senkrecht zur Schicht.
47: 65 cm mk Grauwacke.
48: 120 cm mk Grauwacke: an der Hangendfläche „grübchenartige" Vertiefungen (s. oben).

Es folgt eine 1 m mächtige Grauwackebank, darauf etwa 150 cm feine Wechsellagerung von Grauwacke und Tonschiefer, darauf etwa 25 Schichten bankige Grauwacke, gefolgt von feinschichtigem „Griffelschiefer" (5 m mächtig).

Abb. 4. Blockprofil, Aufschluß Gr. St. IV, Großes Steimkertal

kann 4 mm und mehr betragen. Sie gehören also schon in den Bereich des Feinkieses. Diese Lagen sind nicht immer durchgehend. Sie setzen in der Regel mit scharfer Grenze zum Liegenden ein und erleiden dann eine kontinuierliche Korngrößenabnahme zum Hangenden hin (Abb. 5).

Abb. 5. Grobkörnige Einschaltung in sonst mittelkörniger Grauwacke. Scharfe Abgrenzung zum Liegenden, weniger scharfe Grenze zum Hangenden. Probe: Gr.St. IV/5

Nicht immer verläuft diese scharfe Liegendgrenze schichtparallel, wie Abb. 6 zeigt. Die Liegendgrenze ist zwar auch hier scharf ausgeprägt, aber sie ist nicht mehr schichtparallel. Man hat den Eindruck, als sei diese grobkörnige Lage irgendwie gestaucht, oder unter turbulenten Verhältnissen abgelagert worden. Eine exakte Deutung derartiger Erscheinungen ist deshalb schwierig, weil man die dritte Dimension nicht sehen kann. — In mächtigen Bänken können sich grobe Einschaltungen einige Male wiederholen.

Eine verbreitete Erscheinung in den von mir untersuchten Aufschlüssen sind mittelkörnige Grauwackebänke, die meist nach einer dünnen Tonschieferzwischenlage in wulstiger Ausbildung zunächst sehr grobkörnig einsetzen und dann zum

Hangenden hin kontinuierlich feinkörniger werden. Manchmal sind nur die untersten Vertiefungen derartiger Schichten mit grobem Material ausgefüllt.

Zwischen diesen sehr grobkörnigen Ausbildungsformen und den mittelkörnigen sind in bezug auf die Korngröße alle Übergänge möglich. Derartige grobkörnige Grauwacken bilden auch durchgehende Bänke, ohne daß sie eine deutliche Korngrößenabnahme zum Hangenden hin erkennen lassen.

Abb. 6. Grobkörnige Einschaltung in sonst mittelkörniger Grauwacke in „turbulenter" Ausbildung. Probe: Ok I/9

In ihrer feinkörnigen Ausbildung geht die Kulmgrauwacke fast bis zu einem sandigen Tonschiefer. Gesteinsbruchstücke treten ganz zurück. Hauptbestandteile sind kantige Quarze, Feldspäte und Glimmer in einer tonig-chloritischen Grundmasse. Sehr feinkörnige Grauwacken zeigen oft feinste Wechsellagerungen mit tonigem Material.

Zwischen die einzelnen Grauwackebänke schalten sich in der Regel dünne Lagen eines weichen Tonschiefers, die oft Pflanzenhäcksel enthalten. Meistens sind sie nur einige Zentimeter mächtig.

Ein besonderer Typ sind die grobkonglomeratisch ausgebildeten Grauwacken am Südufer der Sösetalsperre mit z. T. gut gerundeten Geröllen bis zu dcm-Größe. Sie wurden von mir besonders zu Vergleichsuntersuchungen herangezogen, da ihre groben Gerölle leichter Schlüsse auf das Ursprungsgestein zulassen als die kleinen Gesteinsbruchstücke in den feinkörniger ausgebildeten Kulmgrauwacken.

Sowohl Wellenrippeln als auch Vertiefungen, ähnlich wie sie rezent am Boden des Wattenmeeres zu beobachten sind, wurden an verschiedenen Schichtoberflächen aus verschiedenen Aufschlüssen beobachtet.

V. Untersuchung der Tonschiefer

Wie schon im vorausgegangenen Abschnitt erwähnt, sind den Grauwackebänken mehr oder weniger reine Tonschiefer zwischengeschaltet. Diese dunkelgrauen Tonschiefer zeigen plattige bis muschelige Absonderung parallel zur Schichtung. Wo sie besonderer tektonischer Beanspruchung ausgesetzt waren, sind sie auch quer zur Schichtung geschiefert.

Abb. 7. „Tonschieferflatschen" in grobkörniger Grauwacke. Probe: Ok I

Aus den Aufschlüssen Großes Steimkertal und Okertalsperre wurden Proben dieses Tonschiefers untersucht.

Außer diesen zwischengeschalteten Tonschiefern kommen große Tonschieferflatschen oft innerhalb grobkörniger Grauwackebänke vor. Diese Flatschen sind detritisch. Sie sind dunkler als die oben erwähnten zwischengeschalteten Tonschiefer, sie sind oft plastisch verformt und zeigen an ihren Außenflächen häufig fettig glänzende Harnischbildung. In ihrer Größe fallen sie völlig aus dem Rahmen der durchschnittlichen Korngröße der Bank, in die sie eingelagert wurden (Abb. 7).

Beide Arten von Tonschiefer wurden mikroskopisch und röntgenographisch untersucht Für die röntgenographische Untersuchung im Goniometer wurden neben Pulverpräparaten Anschliffe parallel zur Schichtung verwendet. Diese Anschliffe stellen „natürliche Texturpräparate" dar, was bei der Auswertung der Diagramme deutlich zum Ausdruck kam. Die Diagramme wurden mit Eichdiagrammen verglichen. Der Mineralbestand der Proben wurde auf diese Weise halb quantitativ abgeschätzt. Von den Proben, die nach den Goniometerdiagrammen Kaolinit vermuten ließen, wurden außerdem Texturpräparate mit der Guinier-Kamera nach v. WOLFF untersucht.

Im mikroskopischen Dünnschliffbild zeigen die *Tonschiefer* eine Grundmasse, bestehend aus sehr feinen Schüppchen von Chlorit und Glimmer, dazwischen z. T. etwas größere ($\varnothing$ ca. 25 μ) meist scharfkantige Quarze und Feldspäte und etwa 5% opake Substanz.

Bei den Glimmern handelt es sich hauptsächlich um Muskovit, daneben kommt aber auch Biotit vor. Sie sind ± in die Schichtung eingeregelt. Quarz kommt zuweilen in sehr langen Splittern vor (z. B. 90:8 μ). Bei den Feldspäten, die in sehr unterschiedlichem Erhaltungszustand vorkommen, handelt es sich, soweit es sich nach Lichtbrechung und Auslöschungsschiefe bestimmen ließ, hauptsächlich um saure Plagioklase. Eindeutige Neubildungen konnten nicht beobachtet werden. Bei der opaken Substanz dürfte es sich nach ihrer Reflektion im Auflicht zum größten Teil um Pyrit handeln. Feine, etwas grobkörnigere (⌀ etwa 30 μ), quarz- und feldspatreichere Lagen mit einer durchschnittlichen Breite von etwa 150 μ wechseln oft mit dunkleren, die wieder reicher an Chlorit und Glimmer sind. Manchmal zeigen derartige Lagen eine leichte Spezialfältelung.

An Schwermineralen wurden neben Pyrit, Apatit, Zirkon und Rutil (vielleicht auch Chromit) beobachtet.

Die eingelagerten *Tonschieferflatschen* zeigen mikroskopisch schon einen auffällig höheren Gehalt an relativ großen Muskovitschüppchen. Chlorit, Quarz und Feldspat treten mehr zurück.

Die Feldspäte sind auch hier zum größten Teil saure Plagioklase. Es kommen sowohl stark serizitisierte als auch vollkommen frische Individuen vor. Neubildungen wurden auch hier nicht beobachtet.

An Schwermineralen wurde Pyrit, Apatit, Zirkon und Rutil gefunden.

Opakes Material ist reichlich vertreten. Neben Pyrit ist hier anscheinend auch viel organische Substanz vorhanden. Das Gefüge erscheint lockerer und weniger geregelt als bei den oben beschriebenen Tonschiefern. In ihrer inneren und äußeren Struktur machen diese Tonschieferflatschen ganz den Eindruck, als seien sie in halb verfestigtem Zustand ins Sediment gelangt.

Die Goniometeraufnahmen beider Tonschieferarten wurden mit Eichaufnahmen verglichen, und ihr Gehalt an Quarz, Feldspat, Chlorit und Glimmer halbquantitativ abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Abschätzung gibt die Tabelle 1 wieder.

Tabelle 1

Komponenten	Probe I %	Probe II %	Probe III %	Probe IV %	Probe V %	Probe VI %
Quarz	25	25	20	30	15	20
Feldspat . . .	20	20	20	35	25	25
Chlorit	35	35	35	30	25	25
Glimmer . . .	20	20	25	15	35	30

Probe I: Tonschieferzwischenlage aus dem Aufschluß Großes Steimkertal. Probe II: Tonschieferzwischenlage aus dem Aufschluß Großes Steimkertal. Probe III: Tonschieferzwischenlage aus dem Aufschluß Ok I. Probe IV: Tonschieferzwischenlage aus dem Aufschluß Großes Steimkertal. Probe V: Tonschieferflatschen, gesammelt aus verschiedenen Grauwackebänken des Aufschlusses Okertalsperre (Ok I). Probe VI: Tonschieferflatsche aus Schicht Nr. 30 im Aufschluß Okertalsperre (Ok I).

Bei aller Vorsicht, die derartigen Abschätzungen gegenüber angebracht ist, kann man mit Sicherheit sagen, daß in den Tonschieferflatschen weniger Chlorit, jedoch mehr Glimmer (Muskovit) vorhanden ist als in den den Grauwackebänken zwischengeschalteten Tonschiefern.

Dazukommt, daß bei den Goniometerdiagrammen der Proben V und VI der Reflex bei 2,39 Å, der der VI. Ordnung von Chlorit entspricht, relativ stark

ausgeprägt war. Da in diesen Bereich auch der Reflex der III. Ordnung vom Kaolinit fällt, lag der Verdacht nahe, daß die Tonschieferflatschen einen meßbaren Gehalt an Kaolinit haben. Dieser Verdacht wurde durch Texturaufnahmen mit der Guinier-Kamera nach v. WOLFF geprüft und insofern noch verstärkt, als bei allen Aufnahmen im Bereich von 1,49 Å eine schwache, aber noch deutlich erkennbare Linie auszumachen ist. Danach ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Tonschieferflatschen einen geringen Kaolinitgehalt besitzen und sich auch dadurch von den Tonschiefern, die den Grauwackebänken zwischengeschaltet sind, unterscheiden.

VI. Mikroskopischer Befund

1. Methodik

Für die mikroskopische Auszählung wählte ich das Punktzählverfahren nach GLAGOLEW[12]. Dieses Verfahren wurde von F. CHAYES[3] eingehend auf seine Anwendbarkeit für Dünnschliffanalysen geprüft und beschrieben. Eine eingehende mathematische Abhandlung bietet eine Veröffentlichung von F. CHAYES und H. W. FAIRBRAIRN[4] (1951).

Nach Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit an verschiedensten Typen der Kulmgrauwacke, ergab sich eine untere Genauigkeitsgrenze von 1500 Punkten pro Schliff. Bei den von mir ausgezählten Schliffen liegt die Anzahl der Punkte zwischen 1500 und 2500 pro Schliff. Die Dünnschliffe wurden von Proben hergestellt, deren Orientierung bekannt war. Sie wurden quer zur Schichtung ausgezählt.

Bei den Aufschlüssen Ok I und Gr.St. IV wurde jeder Schicht mindestens eine charakteristische Probe orientiert entnommen und deren Dünnschliff untersucht.

Die Untersuchung der Korngrößenverteilung geschah nach dem Sehnenschnittverfahren, das von P. SCHNEIDERHÖHN und H. MÜNZNER[32] ausgearbeitet wurde.

Auf seine Anwendbarkeit für die Kulmgrauwacke wurde dieses Verfahren anhand einer grobkörnigen Grauwacke mit calcitischem Bindemittel geprüft.

Diese Probe wurde mit Monochloressigsäure bei Zimmertemperatur behandelt bis aller Calcit herausgelöst war. Von den Restprodukten wurde eine Siebanalyse gemacht. Die Fraktionen $< 63\,\mu$ wurden durch Schlämmanalysen im Atterbergzylinder getrennt. Das Ergebnis dieser Sieb- und Schlämmanalyse wurde mit dem Ergebnis einer Korngrößenverteilung derselben Probe, das nach dem Sehnenschnittverfahren ermittelt wurde, und bei dem der Calcit nicht berücksichtigt wurde, verglichen.

Der Vergleich zeigt für das Sehnenschnittverfahren eine leichte Überbewertung der gröbsten Fraktion (630—2000 μ), eine gute Übereinstimmung bei den mittleren Fraktionen und eine Unterbewertung der feinsten Fraktionen (bis 6,3 μ). Die Differenzen, die bei den feinen Fraktionen auftreten, lassen sich jedoch zu einem Teil ausgleichen, wenn man berücksichtigt, daß die Probe stark calcitisierte Feldspäte enthält, die durch die Behandlung mit Monochloressigsäure und durch die anschließende mechanische Beanspruchung durch Schütteln usw. sicher eine Korngrößenverkleinerung gegenüber der mikroskopisch analysierten Probe erlitten haben.

Das Ergebnis dieses Vergleichs zeigt jedenfalls, daß man das Sehnenschnittverfahren auch auf ein Gestein wie die Oberharzer Kulmgrauwacke anwenden kann, wenn man keine übertrieben hohen Anforderungen an die Genauigkeit stellt.

2. Beschreibung der Komponenten

A. Minerale. *Quarz.* a) Glatt auslöschende Quarzbruchstücke. Meist kantig. Häufig zeigen sie perlschnurartig angeordnete anscheinend niedriger lichtbrechende winzige Einschlüsse.

b) Undulös auslöschende Quarze. Meist kantig. Auch sie zeigen oft die oben erwähnten perlschnurartigen Einschlüsse.

c) Kataklastischer Quarz. Meist kantige Bruchstücke mit „felderhafter" Auslöschung: Die Auslöschung geht nicht einheitlich über das Bruchstück hinweg, sondern sie ist innerhalb begrenzter Felder, die ihrerseits oft wieder undulös auslöschen, verschieden. Auch diese Quarze zeigen oft perlschnurartige Einschlüsse, welche die Feldergrenzen glatt durchlaufen. Eine Abgrenzung zum Quarzit c ist in solchen Fällen immer mit Sicherheit möglich. Sonst ist diese Abgrenzung nicht immer eindeutig. Quarz c ist in beiden Brüchen der bei weitem häufigste Quarztyp.

d) Quarzbruchstücke mit auffälligen Einschlüssen, wie Apatit, Zirkon und Turmalin. Auch die in beiden Brüchen häufig auftretenden Quarzbruchstücke mit wurmförmig angeordneten Prochloriten („geldrollenförmig" bei Helmbold!) wurden in dieser Rubrik ausgezählt.

Feldspat. Da es bei der Auszählung unmöglich war, jeden Feldspat einzeln zu bestimmen, mußte nach einfachen, ins Auge fallenden äußeren Merkmalen unterschieden werden. Es schälten sich dabei folgende Gruppen heraus:

a) Relativ sauberer Plagioklas, der meist deutliche Zwillingslamellierung zeigt. Es handelt sich in der überwiegenden Mehrheit um Andesin mit einem An-Gehalt um 50%. Ausnahmsweise treten hier auch Oligoklas und Albit auf. Zuweilen finden sich Individuen mit nadelförmigen Apatiteinschlüssen.

b) Orthoklas. Er tritt in wenig zersetzten Einzelindividuen auf. Perthitische Strukturen wurden oft beobachtet.

c) Mikroklin mit deutlicher Kreuzlamellierung. Er tritt in wenig zersetzten Einzelindividuen auf. Zuweilen ist er auch Bestandteil von Granitbruchstücken.

d) Serizitisierter Feldspat, der in seltenen Fällen leichte Chloritisierung zeigt. Es handelt sich in den allermeisten Fällen um Plagioklas mit einem An-Gehalt um 10%. Hin und wieder fallen aber auch Oligoklase mit einem An-Gehalt von etwa 28% unter diese Kategorie. Die Serizitisierung ist oft auf den Spaltflächen besonders ausgeprägt. Nadelförmige bis säulige Apatiteinschlüsse sind keine Seltenheit.

Wo die Lichtbrechung gegenüber Kanadabalsam gemessen wurde, lag $n'\ \alpha$ immer darunter, während $n'\ \gamma$ in der Größenordnung der Lichtbrechung des Kanadabalsam lag.

e) Calcitisierte Feldspäte, die manchmal Albitisierungserscheinungen zeigen. Calcitisierung tritt in allen Stadien auf. Als Durchschnittswert kann man 20% Calcit annehmen. Bei den Feldspäten handelt es sich um Oligoklas mit einem durchschnittlichen An-Gehalt von 28%. Nach einem Vergleich mit entsprechenden Gesteinsbruchstücken kann man mit Sicherheit annehmen, daß diese calcitisierten Feldspäte in ihrer überwiegenden Mehrheit granitischen Ursprungs sind (s. Granit). Manche Individuen zeigen Apatitnadeln als Einschlüsse.

f) Es handelt sich hier um Feldspäte, die nur an Hand ihres konoskopischen Achsenbildes als solche erkannt wurden. Sie zeigen keinerlei morphologische

Bezugsrichtungen, die eine genaue Bestimmung zulassen. Ihrer Lichtbrechung nach sind es in der überwiegenden Mehrheit Oligoklase mit einem An-Gehalt von 25—30%. Da, wo die Lichtbrechung nicht gemessen werden konnte, ist es durchaus denkbar, daß hin und wieder auch Orthoklase in dieser Rubrik ausgezählt wurden.

Im Anschluß an die Auszählung wurden etwa 60 U-Tisch-Messungen an Feldspäten aller Kategorien durchgeführt. Die An-Gehalte, die oben in den einzelnen Rubriken erwähnt werden, gehen auf diese Messungen zurück, die nach dem Stereogramm nach VON DER KAADEN (Diss. 1951) ausgewertet wurden.

Glimmer. a) Muskovit. Er tritt meist in selbständigen Individuen in Form detritischer Schüppchen, die 150 μ erreichen können $\pm$ in die Schichtung eingeregelt auf.

b) Biotit. Er kommt in detritischen Flasern oder Blättchen vor, die $\pm$ in die Schichtung eingeregelt sind.

Nicht immer ist der für Biotite übliche Pleochroismus gut ausgeprägt. HELMBOLD hat bei ähnlichen Erscheinungsformen in der Tanner Grauwacke von entfärbten Biotiten gesprochen. Die durchschnittliche Länge der „Flasern" beträgt 100—300 μ. Oft wurden in größeren Biotiten Karbonateinschlüsse beobachtet, die ihnen ein gesprenkeltes Aussehen geben. Auch wurden Biotite in allen Stadien der Chloritisierung beobachtet.

c) In diese Rubrik wurden alle Glimmer hineingenommen, die bei der Auszählung keine eindeutige Bestimmung zuließen.

Chlorit. Chlorit bildet mit feinen bis feinsten Aggregaten den Hauptanteil des feinkörnigen, „tonigen" Anteils der Kulmgrauwacke. Ein großer Teil dieser Aggregate wird sicher detritischen Ursprungs sein. Das geht hervor aus den Chloritgehalten der meisten registrierten Gesteinsbruchstücke. — Daneben kommen aber auch mit Sicherheit Neubildungen vor, z. B. bei der Chloritisierung von Glimmern, bei Feldspäten, die teilweise chloritisiert oder von Chlorit „angefressen" sind und bei Kluftfüllungen.

Neben diesem feinen Material kommen größere Chloritflasern mit einer Länge von 150—300 μ vor, die $\pm$ in die Schichtung eingeregelt sind. Es handelt sich in den allermeisten Fällen um eisenreiche Glieder der Prochloritreihe. Bei der Behandlung mit Bromoform ($\varrho = 2{,}90$) gehen sie mit in die Schwermineralfraktion.

Diese Chlorite kommen häufig mit karbonatischen Einschlüssen vor, die ihnen ein gesprenkeltes Aussehen verleihen (s. Biotit). Es ist gut möglich, daß diese Chlorite aus Biotiten hervorgegangen sind. Abgesehen von den auch bei vielen Biotiten auftretenden karbonatischen Einschlüssen liegt dieser Gedanke auch deshalb nahe, weil man hin und wieder Biotitflasern beobachtet, die teilweise schon in Prochlorit übergegangen sind. Eine verbreitete Erscheinung in Proben beider Aufschlüsse ist das Auftreten wurmförmiger Prochloritaufwachsungen auf Quarz (s. Quarz d).

Calcit. Calcit kommt fast ausschließlich als Sekundärbildung vor, abgesehen von wenigen Beispielen, bei denen es sich offensichtlich um Bruchstücke aus ehemaligen Calcitgängen handelt. Sie wurden dann als Calcit a registriert. Gewöhnlich tritt er in feinverzweigten „Calcitnestern" auf, die oft ihren Ursprung in calcitisierten Plagioklasen haben. „Calcitnester" treten überhaupt nur in Proben auf, in denen auch calcitisierte Plagioklase vorkommen. In Extremfällen

(Gr.St. IV/46) können derartige Calcitaggregate zum Bindemittel zwischen den Einzelkomponenten werden. Seltener findet man Calcit in feinen Klüften und Adern. Manchmal ist er dort mit Erz vergesellschaftet.

Limonit. Diese Bezeichnung wurde nur dort angewendet, wo dunkle, rötlichbraun durchscheinende Aggregate im feinkörnigen Anteil der Grauwacke auftraten, die sonst nicht näher bestimmt werden konnten.

Erz. An Erz tritt hauptsächlich Pyrit auf (vielleicht auch Magnetkies). Meistens handelt es sich dabei um kreisrunde bis würfelige Aggregate mit einem maximalen Durchmesser von 20 μ. Besonders angereichert findet man diese Aggregate in feinkörnigen Grauwacken, und dort manchmal in Horizonten, die sich durch den ganzen Schliff verfolgen lassen und parallel zur Schichtung angeordnet sind. Man könnte hier an Neubildung im Sediment denken. In verschiedenen Schliffen von feinkörnigen Grauwacken aus dem Aufschluß Großes Steimkertal wurden jedoch in derartigen durchgehenden Anreicherungshorizonten diese Pyrite zusammen mit Zirkon, Apatit und anderen Schwermineralen angetroffen (Abb. 8). Das Ganze stellt eine Art Mikroseife dar, Neubildungen vorausgesetzt, müßte man hier bereits mindestens an eine erste Umlagerung im frischen Sediment denken. Seltener sind Pyritimprägnationen, wo von einem massigen Zentrum ausgehend Pyritverästelungen in die Grauwacke hineingehen. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung an einer sehr grobkörnigen Grauwackelage im Aufschluß Großes Steimkertal.

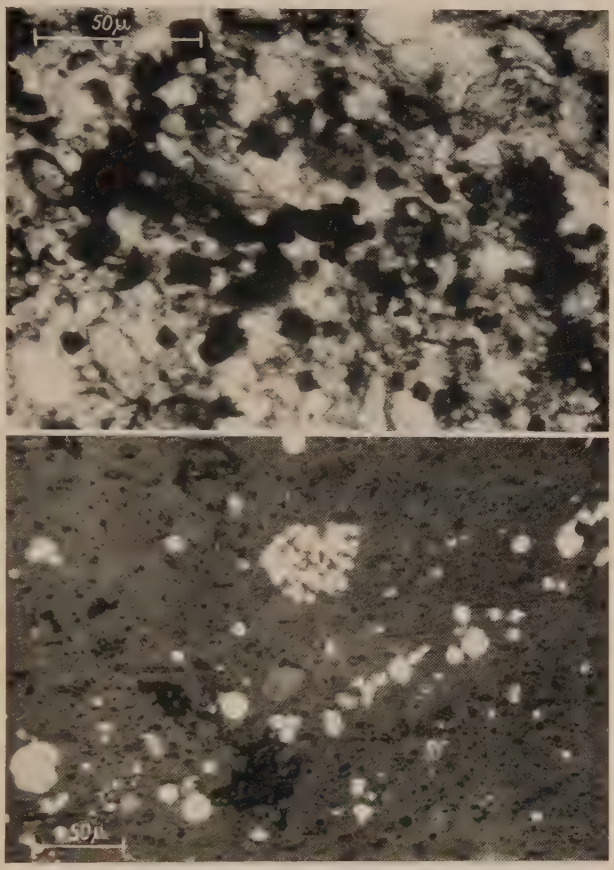


Abb. 8

Abb. 9

Abb. 8. Mikroskopische Dünnschliffaufnahme einer durchgehenden Pyritlage mit eingelagerten Schwermineralen (hier Zirkon). Probe: Gr.St. IV/33

Abb. 9. Erzmikroskopische Anschliffaufnahme einer durchgehenden Pyritlage. Probe: Gr.St. IV/33

Opak, nicht reflektierend. Alle opaken Bestandteile, die im Auflicht nicht reflektierten, wurden in dieser Rubrik zusammengefaßt. Es wird sich hier im wesentlichen um organisch-kohlige Substanz handeln.

Selten auftretende Minerale. Es handelt sich hier um selten auftretende, selbständige Minerale, deren Gesamtsumme noch unter 1% liegt. Dort wo sie in der Statistik erscheinen, verdanken sie es Zufallstreffern, die ohne quantitative Bedeutung sind. In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit handelt es sich bei diesen Mineralen um:

α) Titanit. Er ist ein in beiden Aufschlüssen weit verbreitetes Mineral. Er tritt in zerlappten Aggregaten in der Größenordnung von 30—40 μ ⌀ in der Grundmasse feinkörniger und mittelkörniger Grauwacken auf. Häufig sind diese Minerale in „Nestern" angereichert. Ihre Farbe ist im Durchlicht meist braun bis opak. Sie sind nur noch an manchen Stellen lichtdurchlässig. An diesen Stellen zeigen sie hohe Licht- und Doppelbrechung. Größere Individuen, bei denen ein Achsenbild gemacht werden konnte, waren immer pseudoeinachsig positiv.

β) Apatit. Auch Apatit ist ein in beiden Aufschlüssen verbreitetes Schwermineral. Am häufigsten tritt er in ± gerundeten Körnern mit einem mittleren Durchmesser von 60 μ auf. Auch idiomorphe Individuen, die je nach Schnittlage hexagonal oder säulig erscheinen, werden oft angetroffen.

γ) Zirkon. Auch Zirkon wird in fast allen Proben beider Aufschlüsse angetroffen. Er kommt bruchstückhaft, idiomorph und in gerundeten (oft birnenförmig) Körnern in der Grundmasse vor. Diese Zirkone können eine Größe von 100 μ erreichen.

δ) Selten wurden Körner von Turmalin und Granat und Glaukonitaggregate angetroffen.

B. Ton. Ab Schliff Nr. 43* wurden undeutlich begrenzte tonige Aggregate von gut begrenzten tonigen Geröllen oder Flasern unterschieden und als „Ton" registriert. Diese Aggregate gehören meist dem feinkörnigen Anteil der Grauwacken an. Streng betrachtet nehmen sie eine Sonderstellung zwischen Gesteinen und freien Mineralen ein.

C. Gesteine. *Quarzit.* Quarzite sind als Gesteinsbruchstücke in beiden Aufschlüssen stark verbreitet. Sie treten in vielen Stadien metamorpher Beanspruchung auf und wurden in folgende Typen gegliedert:

a) Reiner Quarzit, der noch Reste eines Bindemittels zeigen kann. Die Quarze haben scharfe Korngrenzen und verschiedene, meist undulöse Auslöschung. Perlschnurartig angeordnete Flüssigkeitseinschlüsse enden an den Korngrenzen. Optisch sind die einzelnen Quarze willkürlich verschieden orientiert. Sie haben gewöhnlich einen Korndurchmesser von 50—300 μ. Idiomorphe und splittrige Zirkone sind in diesen Quarziten nicht selten. Im Aufschluß Großes Steimkertal kommen gelegentlich Quarzite vor, die über und über mit winzigen opaken Partikeln besetzt sind. Die Korngrenzen der Quarze sind nur noch schwach erkennbar.

b) Wie Quarzit a, nur mit deutlich erkennbarem Feldspatanteil. Bei den Feldspäten handelt es sich um saure Plagioklase mit einem An-Gehalt bis 30%.

c) Quarzit mit innigverzahnten Quarzen. Die Korngröße dieser Quarze kann sehr unterschiedlich sein. Die größeren Körner zeigen oft noch in sich „felder-

* Deshalb erscheinen in den Tabellen der mikroskopischen Auszählung bei dem Aufschluß Ok I noch keine Werte für Ton. Diese Werte sind zum großen Teil in den Tonschieferwerten enthalten. — Wo sie auch in der Tabelle für den Aufschluß Gr.St. IV fehlen, wurden die Werte für Gesteine — mit einem + versehen.

hafte" Auslöschung (s. Quarz c). Alle Quarze löschen stark undulös aus und sind optisch willkürlich verschieden orientiert.

Diese Gesteinsbruchstücke waren sicher schon vor ihrer Sedimentation starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt. Die Abgrenzung zum kataklastischen Quarz ist nicht immer eindeutig (s. oben). An den Rändern zeigen diese Quarzite häufig Mylonitisierungszonen.

d) Wie Quarzit c, nur mit deutlich erkennbarem Anteil eines sauren Plagioklases. Die Unterscheidung von mechanisch beanspruchten Granittrümmern ist nicht immer eindeutig. Der Plagioklasgehalt kann 30% erreichen.

e) Quarzitschiefer mit lang ausgewalzten, innig verzahnten Quarzen. Das Verhältnis Länge:Breite kann 1:10 betragen. Die Quarze sind in der Regel optisch einheitlich orientiert.

f) Chloritquarzit: Es handelt sich um chlorithaltige, metamorphe Quarzite, die manchmal dem Quarzitschiefer sehr ähnlich sind. Zwischen den Quarzen befinden sich Chloritschüppchen, die $\pm$ in eine bevorzugte Richtung eingeregelt sind. Manchmal sind sie auch in durchgehenden Lagen angeordnet. Die Quarze löschen undulös bis „felderhaft" aus, sind aber nicht so innig verzahnt wie bei c und e. Auch die Korngröße ist hier kleiner. Sie beträgt etwa 10—60 μ.

g) Ähnlich wie f, nur treten hier neben Chlorit auch Glimmerschüppchen mit einer durchschnittlichen Länge von 50 μ auf. Der Glimmer wurde als Muskovit bestimmt. In einigen dieser Quarzite wurden Zirkone gefunden.

Gneis. Es handelt sich um Quarz-Feldspat-Glimmer (Chlorit)-Gesteine. Grobe, spindelförmige Quarz- und Feldspatkörner werden von glimmer- und chloritreichen feinkörnigen Lagen umgeben. Die Größe dieser groben Körner liegt zwischen 50 und 200 $\mu\varnothing$. Manchmal bestehen die umgebenden feinkörnigen Lagen fast ausschließlich aus langgestreckten, kleinen Quarzkörnern. Die Abgrenzung zu Quarzit e—g ist dann nicht immer eindeutig. Oft enthalten die Gneisbruchstücke Zirkone.

Glimmerschiefer. Meistens flatschig in die Schichtung eingeregelte Gesteinsfetzen, bestehend aus Lagen grober Muskovite. Auf den Schieferflächen hat sich manchmal Chlorit, selten Erz gebildet. Die Grenze zum Phyllit ist nicht scharf.

Quarzglimmerschiefer. Wie Glimmerschiefer, nur mit auffälligem Quarzgehalt. Grenze zum Quarzit g ist nicht immer scharf.

Kieselschiefer. a) und b) Gerundete bzw. flatschige Gesteinsreste eines sauberen Kieselschiefers, bestehend aus einem fein- bis feinstkörnigen Quarz-Chalcedongemenge, zuweilen mit grobkörnigeren Adern. (Dieser Gesteinstyp fehlt im Aufschluß Großes Steimkertal beinahe ganz.)

c) Unreiner Kieselschiefer. Er enthält tonige manchmal auch kohlige Substanz. In sehr seltenen Fällen ist er pyrithaltig.

Phyllit. In der Kulmgrauwacke sind Gesteinsbruchstücke sehr häufig, die einen ausgesprochenen Übergangscharakter von Tonschiefer zu Glimmerschiefer zeigen. Sobald dieser Übergangscharakter deutlich wurde, d. h. bei beginnender „Glimmerisierung", ohne daß schon ein klarer Glimmerschiefer vorlag, wurden entsprechende Gesteine (ab Schliff Nr. 58) als Phyllit registriert. Diese Gesteinsbruchstücke treten meist flaserig $\pm$ in die Schichtung eingeregelt auf. Neben Glimmer zeigen sie oft Chlorit. Zuweilen kann man bei ihnen eine Schieferung „in statu nascendi" beobachten: Parallel angeordnete Glimmer-

blättchen zeigen deutliche Flexuren nach einer feinangelegten zweiten Schieferungsebene (S 2). Wo man es erkennen kann, ist diese feine Schieferung quer zur Schichtung angelegt. Merkwürdig ist dabei, daß derartige Bruchstücke bereits nach dieser erst in der Entstehung begriffenen zweiten Schieferungsebene zerbrochen sind. Sehr oft findet man in den Phylliten feinstverteilte Rutilnädelchen.

Hin und wieder findet man Gneisbruchstücke mit ausgesprochenen phyllitischen Partien. Es ist also durchaus möglich, daß ein Teil der einzeln registrierten Phyllite aus solchen Gneisen stammt.

Tonschiefer und Tone. Sie treten in beiden Aufschlüssen in verschiedenen Erscheinungsbildern auf. Als Tonschiefer wurden (ab Schliff Nr. 43) gut begrenzte Gerölle oder Flasern, bestehend aus tonigem Material, bezeichnet, ohne daß immer eine Schieferung erkennbar war.

Tonschieferbruchstücke treten zuweilen mit kohligen Schlieren auf. Manchmal sind sie völlig undurchsichtig. Ab und zu findet man in Tonschieferflasern fein verteilt winzige Rutilnädelchen.

In Proben aus beiden Aufschlüssen wurde manchmal ein sandiger Tonschiefer angetroffen. Die kantigen Quarzkörner haben einen mittleren Korndurchmesser von 30 μ. Neben Quarz kann auch Muskovit auftreten. Diese sandigen Tonschiefer zeigen oft eine deutliche Schieferung. Wo diese nicht zu erkennen ist, ist die Abgrenzung zu einem unreinen Sandstein nicht eindeutig. Flaserige Tonschiefer sind ebenso wie Glimmerschiefer, entsprechende blättchenförmige Phyllite und Chlorite $\pm$ in die Schichtung eingeregelt. Das betrifft auch die für manche Schichten charakteristischen sehr groben Flasern, die sich durch ihre Größe deutlich von dem übrigen Abtragungsmaterial, aus denen die Grauwacken aufgebaut sind, abheben (Abb. 7). Es handelt sich hier im wesentlichen um weiche Tonschiefer, die keine Schieferung erkennen lassen. Sehr ausgeprägt sind sie in dem konglomeratischen Horizont im Aufschluß: Okertalsperre (Ok I). Ihre Form läßt auf sehr geringe Transportbeanspruchung schließen.

Chloritschiefer. Es handelt sich hier um Flasern eines im wesentlichen aus einheitlich orientierten Chloritschüppchen bestehenden Gesteins. Auch diese Flasern sind $\pm$ in die Schichtung eingeregelt. In seltenen Fällen zeigen sie in fein verteilter Form winzige Rutilnädelchen.

Chloritglimmerschiefer. Wie Glimmerschiefer, nur kommt neben Muskovit auffallend viel Chlorit vor.

Quarzchloritschiefer. Wie Chloritschiefer, nur mit auffälligem Quarzgehalt. Keine scharfe Abgrenzung zu Quarzit f, eventuell auch zu Gneisbruchstücken.

Serizitschiefer. Es handelt sich hier um flaserige Gesteinsrelikte, die $\pm$ in die Schichtung eingeregelt sind. Sie bestehen aus feinsten, einheitlich orientierten serizitartigen Schüppchen. Manchmal sind sie von einem vollständig serizitisierten Plagioklas nicht zu unterscheiden. Auch ist die Abgrenzung zum Phyllit unscharf.

Sandstein. Verschiedene Typen von Sandstein wurden in Proben beider Aufschlüsse gefunden. Sehr häufig sind feinkörnige Sandsteine mit viel tonigen (manchmal chloritischen) Zwischenmitteln. Die Quarze sind kantig, ihr Korndurchmesser liegt bei 15—50 μ. Oft finden sich in diesem Typ saure Plagioklase und detritische Glimmer.

Häufig sind auch Sandsteinbruchstücke, die große Ähnlichkeit mit Proben aus dem Kahlebergsandstein haben: Kantige Quarze mit einem Durchmesser von ca. 75 μ, auffälliger Plagioklas(Albit-Oligoklas)gehalt. Die Grundmasse besteht aus serizitartigem Glimmer und aus Chlorit. Oft enthalten Bruchstücke dieses Typs gerundete und splittrige Zirkone in der Größenordnung von 30 $\mu\varnothing$.

Seltener sind grobkörnige, helle Typen, deren Korndurchmesser bis zu 600 μ betragen kann. Dieser Sandstein zeigt wenig toniges Bindemittel. Manchmal wurden Bruchstücke angetroffen, die einen Feldspatgehalt bis zu 20% aufwiesen. Auch hier handelt es sich bei den Feldspäten um saure Plagioklase. In zwei benachbarten Schichten des Aufschlusses: Großes Steimkertal fanden sich je ein Bruchstück eines Glaukonitsandsteines.

Saure Tiefengesteine. Es handelt sich hier um Bruchstücke meist granodioritischer Gesteine. Sie sind oft nur schwer als solche zu erkennen: Manchmal hängen an einem größeren Quarzkorn nur noch winzige Fragmente eines Plagioklases oder Biotits. An Stelle des Biotits tritt häufig Chlorit. Der durchschnittliche Korndurchmesser der Quarze und Feldspäte beträgt 200—300 μ. Der Quarz löscht in der Regel glatt bis „felderhaft" aus. Nach zahlreichen U-Tisch-Messungen handelt es sich bei den Feldspäten in den allermeisten Fällen um Oligoklas mit einem An-Gehalt um 28% und darunter. Seltener wurde Orthoklas, Perthit und Mikroklin angetroffen. Manchmal sind diese Gesteine in sich stark zertrümmert und zeigen dann häufig Calcitisierungserscheinungen an den Feldspäten. Calcitisierte Einzelplagioklase entsprechen in ihrer Größe und ihrem An-Gehalt vollkommen den granitischen Oligoklasen (s. Feldspat e). Granitische Quarze zeigen oft die bereits oben erwähnten perlschnurartigen Flüssigkeitseinschlüsse.

In größeren Granitgeröllen aus dem Konglomerataufschluß am Südufer der Sösetalsperre und aus dem Aufschluß Okertalsperre trifft man oft innerhalb desselben Gerölls graphophyrische Ausbildung neben normaler Ausbildung an.

Auch wurden in Granitgeröllen beider Aufschlüsse geradezu klassische myrmekitische Ausbildungsformen beobachtet. Bruchstücke dieser Myrmekite finden sich in vielen auch feiner körnigen Schichten der Aufschlüsse Okertalsperre und Großes Steimkertal wieder. Das gilt auch für Bruchstücke mit graphophyrischer Ausbildung.

Bei den normal ausgebildeten Graniten findet man sowohl in den Quarzen als auch in den Feldspäten nadelförmige Apatite als Einschlüsse.

Saure Ergußsteine. Drei verschiedene Haupttypen wurden in Proben beider Aufschlüsse registriert:

a) Phonolithartige Gesteine: Leistenförmige Feldspäte, die $\pm$ in Fluidaltextur angeordnet sind, bilden den Hauptbestandteil dieser Gesteine. Dazwischen befindet sich untergeordnet Chlorit und Erz.

b) Porphyrische Gesteine: In einer Grundmasse, die im wesentlichen aus kleinen serizitisierten bis chloritisierten Feldspäten besteht, „schwimmen" größere idiomorphe Einsprenglinge eines sauren Plagioklases (An-Gehalt nach U-Tisch-Messungen 5—7%). Seltener sind Typen, die auch Quarz in der Grundmasse enthalten und Quarzporphyre.

c) Gesteinsbruchstücke bestehend aus kreuz und quer gefügten Feldspatleisten. Diese Feldspäte sind verglichen mit Typ 1 gedrungener und bilden keine

Tabelle 2. *Ergebnisse der mikroskopischen Auszählung.* Aufschluß Ok I (Okertalsperre, Altenauer Vorsperre). Die Werte sind in Vol.-% angegeben

	Schicht Nr.	Quarz					Feldspat							Chlorit	Glimmer				Calcit			Limonit	Erz	Opak (nicht reflektierend)	Titanit	Zirkon	Sonstige	Minerale gesamt
		a	b	c	d	Gesamt	a	b	c	d	e	f	Gesamt		a	b	c	Gesamt	a	b	Gesamt							
Grobkörnig	1	3,5	1,4	8,2	—	13,1	0,5	—	0,1	2,3	0,4	1,5	4,8	4,8	0,4	—	0,2	0,6	—	—	—	1,2	0,2	0,1				25
	9	9,2	5,0	13,1	—	27,3	2,2	0,8	—	7,6	—	4,2	14,9	7,2	1,6	0,2	0,6	2,4	—	—	—	—	0,4	0,2				53
	15	3,4	3,4	18,7	0,7	26,6	0,8	0,7	0,1	17,4	1,8	5,7	26,4	11,0	0,7	0,1	0,5	1,4	—	1,4	1,4	—	0,3	0,5	0,6			69
	19	10,6	5,8	12,6	—	28,5	3,9	0,7	0,9	7,2	—	6,1	18,8	6,7	0,2	0,5	0,4	1,1	—	0,9	0,9	—	1,3	—		0,4	0,2	58
	21	10,3	3,7	7,1	—	21,1	0,7	0,2	0,7	6,9	0,7	3,2	12,4	6,4	1,1	1,6	1,4	4,1	—	0,9	0,9	—	0,7	1,6		0,2		78
	23	7,7	6,4	6,5	—	20,6	0,6	0,6	0,4	6,1	0,4	3,1	11,2	6,7	0,8	0,3	0,1	1,1	—	0,1	0,1	0,3	0,6	0,1				41
	23	6,0	3,9	6,5	—	16,4	0,7	0,1	0,2	4,8	0,3	2,0	8,4	6,9	0,3	0,2	0,2	0,7	—	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2				34
	30	7,0	4,3	14,5	—	25,7	1,4	0,8	1,4	4,1	—	2,9	10,4	7,5	0,2	0,8	—	1,0	—	4,4	4,4	0,2	0,6	0,2			0,2	51
	37	10,3	3,8	7,8	—	21,9	3,2	1,6	0,6	7,3	—	6,2	18,9	8,2	1,4	1,2	—	2,6	—	—	—	—	0,6	0,2				52
Mittelkörnig	1	8,5	11,1	9,5	1,0	30,1	0,7	—	1,3	15,9	1,1	4,3	23,4	9,4	0,8	0,9	1,2	2,9	0,1	1,3	1,3	0,1	0,5	0,4		0,4	0,6	69
	1	5,7	4,4	19,7	0,4	30,2	0,2	1,0	—	16,7	2,4	4,3	24,8	10,5	0,4	0,1	0,7	1,3	0,1	1,2	1,3	—	0,2	—	0,7			69
	9	15,2	2,7	8,0	—	25,9	3,0	0,4	0,2	14,2	—	10,6	28,5	6,0	1,2	0,6	3,6	5,4	—	0,6	0,6	—	2,0	2,0				71
	9	6,1	11,3	15,4	0,8	33,6	0,7	0,1	0,4	13,5	1,8	6,3	23,0	11,4	0,8	0,3	1,8	2,9	—	1,3	1,3	—	0,9	0,4		0,4	0,2	75
	15	11,0	5,8	10,8	—	27,6	1,5	0,3	0,5	10,1	1,1	6,1	19,6	12,7	2,3	0,4	0,9	3,6	—	1,3	1,3	—	1,9	0,5				68
	21	8,2	10,0	11,6	0,9	30,7	0,8	—	0,5	13,8	—	6,6	21,7	8,9	0,3	0,2	1,4	1,9	—	—	—	—	0,9	0,6		0,1		65
	21	5,1	5,9	11,4	0,6	22,9	2,2	0,7	—	15,6	0,1	5,5	24,1	14,9	1,0	0,5	0,7	2,2	—	—	—	—	0,7	0,1		0,9		66
	25	10,3	9,0	12,8	0,7	32,9	0,9	—	1,2	14,6	2,2	4,9	23,7	8,7	0,6	0,4	0,5	1,5	—	4,1	4,1	0,4	1,0	0,4				73
	28	6,7	8,6	12,9	0,9	29,1	0,8	0,6	0,2	12,6	0,1	6,5	20,8	11,9	0,7	0,2	1,3	2,2	—	—	—	—	0,6	0,7		0,1	0,1	66
	23	6,1	11,6	13,5	0,4	31,6	0,8	—	0,6	13,8	0,1	7,8	23,1	9,6	0,3	0,2	2,1	2,6	—	—	—	0,1	1,3	0,6		0,2		69
Feinkörnig	3—8	1,8	5,8	13,7	0,6	21,9	1,2	0,5	—	17,0	0,1	7,0	25,8	16,2	0,3	—	1,0	1,4	—	—	—	—	0,1	0,1	1,2		0,1	67
	11	8,2	10,0	5,7	0,5	24,4	0,9	0,1	0,6	16,2	—	6,1	23,9	16,4	0,9	0,4	0,7	2,0	—	—	—	0,5	0,7	0,3		0,5		69
	23	4,4	7,7	15,8	0,1	27,9	0,8	0,6	—	17,4	0,4	6,0	25,2	12,5	0,7	0,1	0,9	1,7	—	—	—	—	0,7	1,8	1,1			71
	27	4,2	8,0	13,1	0,2	26,2	0,5	0,3	0,1	15,0	—	4,7	20,4	26,1	0,3	0,3	1,5	2,1	—	—	—	0,1	0,6	0,3	1,1	0,1		77
Mittelwerte	grk.	6,9	4,1	11,4	0,1	22,5	1,5	0,6	0,4	7,1	0,4	3,7	13,7	7,1	0,7	0,5	0,4	1,6	—	0,8	0,8	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	vorh.	47
	mk.	8,3	8,0	12,5	0,6	29,4	1,2	0,3	0,5	14,1	0,9	6,3	23,3	10,4	0,8	0,4	1,4	2,6	vorh.	1,0	1,0	vorh.	1,0	0,5	0,1	0,2	0,1	69
	fk.	4,7	7,9	12,1	0,4	25,1	0,8	0,3	0,2	16,4	0,1	6,0	23,8	17,8	0,5	0,2	1,1	1,8	—	—	—	vorh.	0,5	0,6	0,8	0,2	vorh.	71
	mittel	7,2	6,3	12,4	0,3	26,3	1,3	0,5	0,4	11,5	0,6	5,9	19,4	10,2	0,8	0,4	0,9	2,1	0,1	0,7	0,8	0,2	0,7	0,5	0,2	0,2	0,1	61

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Mittelwerte		Schicht-Nr.	Quarzit							Gneis	Glimmerschiefer	Quarz-Glimmerschiefer	Kieselschiefer			Tonschiefer	Chloritschiefer	Chlorit-Glimmerschiefer	Quarz-Chloritschiefer	Serizitschiefer	Sandstein	Saures Tiefengestein	Saures Ergußgestein	Intermediäres und basisches Ergußgestein	Intermediäres und basisches Tiefengestein	Arkose	Grauwacke	Sonstige	Gesteine gesamt	Unbestimmbar
			a	b	c	d	e	f	g				a	b	c														
Grobkörnig		1	0,9	—	5,1	—	1,5	3,9	2,7	5,6	0,2	4,7	2,1	—	10,0	1,3	3,1	0,2	0,4	0,1	2,2	5,9	9,7	1,5	1,3	0,2	11,6	1,4	75	0,1
		9	1,0	—	4,2	—	2,4	4,6	4,4	0,6	2,2	—	0,2	—	1,6	2,8	2,4	—	—	3,4	2,6	9,2	0,4	0,6	—	2,2	—	1,4	47	1,0
		15	0,3	—	1,3	—	0,8	1,7	1,1	1,6	4,1	0,8	—	—	0,6	4,6	2,1	0,4	—	2,9	1,2	3,0	0,8	0,7	0,2	0,8	—	0,1	31	0,8
		19	0,9	—	1,3	—	3,0	11,0	6,3	—	2,5	—	—	—	—	1,4	7,9	—	—	—	0,7	4,3	—	0,5	—	0,9	—	—	41	1,3
		21	0,2	0,5	5,5	—	6,4	—	4,4	3,2	4,4	—	—	0,5	3,0	3,4	0,7	0,2	—	—	4,6	8,5	0,5	0,2	—	0,7	—	1,6	41	1,6
		23	0,3	—	7,3	—	1,5	6,1	3,9	6,3	4,4	0,1	2,5	0,1	3,8	3,5	1,5	1,0	0,9	—	1,3	10,3	3,1	0,8	1,5	4,4	1,4	59	0,5
		23	0,1	—	9,2	—	3,3	5,0	2,3	5,0	0,9	—	0,1	—	5,7	2,8	1,1	0,9	—	—	3,2	11,2	0,5	4,0	1,2	2,7	3,1	3,7	66	0,7
		30	1,0	—	5,8	—	6,6	8,7	3,1	1,2	0,6	—	—	—	1,2	1,4	4,1	—	0,4	1,6	1,5	7,6	0,2	1,4	0,2	1,8	0,4	0,4	48	1,0
		37	2,9	—	2,4	—	2,2	7,5	3,2	0,8	1,2	0,2	—	0,2	0,4	2,4	3,0	—	4,2	0,6	1,4	7,9	1,4	0,4	0,4	2,4	1,8	—	47	0,6
Mittelkörnig		1	0,5	—	0,5	—	0,6	2,8	1,6	0,1	3,0	0,3	—	—	1,3	2,7	2,7	—	—	2,7	2,3	4,9	1,3	1,0	0,1	0,1	—	—	31	0,8
		1	0,7	—	1,7	—	0,2	2,2	0,9	1,4	3,1	1,2	—	—	0,6	3,4	2,0	1,1	3,4	4,7	0,9	4,7	0,1	1,1	0,1	0,4	—	0,2	31	0,5
		9	1,4	—	3,2	—	1,2	1,8	2,6	—	4,4	0,2	—	—	0,6	5,0	3,8	0,2	—	0,2	—	1,2	—	0,4	—	1,4	—	—	28	1,6
		15	0,6	—	1,6	—	0,3	1,6	0,9	—	1,6	1,1	—	—	0,6	2,8	1,1	—	3,8	—	1,8	4,3	1,8	0,3	—	0,5	—	0,1	25	0,3
		21	0,3	—	0,5	—	0,3	6,3	2,4	0,5	1,0	0,2	—	—	0,6	3,3	1,9	1,4	1,3	0,8	0,5	6,6	1,2	1,0	0,2	0,9	0,2	0,4	32	0,8
		21	0,6	—	1,0	0,3	0,4	2,7	0,7	—	3,9	1,4	—	—	0,9	9,2	2,6	—	2,7	1,8	1,6	3,3	0,4	0,6	—	0,3	0,1	—	35	0,6
		25	0,4	—	0,3	—	—	3,6	0,9	—	7,1	1,7	—	—	—	8,4	1,6	1,7	2,7	1,7	1,1	1,1	0,1	0,4	—	—	—	—	33	1,3
		28	1,2	0,1	1,3	—	0,8	2,7	1,3	0,7	1,3	1,0	0,1	—	1,1	3,3	1,2	—	1,3	1,2	0,5	4,4	0,2	1,6	0,8	0,4	—	0,4	27	0,7
		23	0,5	—	2,0	0,1	0,3	1,7	0,7	0,7	3,0	2,3	0,5	—	1,3	7,4	1,9	0,2	3,4	1,6	1,5	2,6	1,4	1,0	0,4	—	—	—	34	—
			0,5	—	0,8	0,1	0,6	1,8	1,1	0,1	2,6	1,4	—	—	0,5	5,9	2,1	—	2,9	2,3	0,8	4,9	1,3	0,5	—	—	0,3	—	31	0,4
Feinkörnig		3—8	0,1	—	—	—	—	0,4	0,3	—	8,1	1,0	—	—	0,1	13,7	4,4	0,8	1,3	1,1	0,8	0,8	—	0,2	—	—	—	—	33	0,2
		11	0,3	0,1	—	—	0,6	1,6	0,6	0,1	6,4	1,2	—	—	0,3	7,2	4,0	—	0,3	2,5	1,4	2,1	0,3	0,9	—	—	—	—	31	0,9
		23	0,2	—	0,2	—	—	0,5	0,3	—	7,8	0,8	—	—	—	12,3	2,3	0,5	1,1	0,6	0,3	1,2	0,1	0,4	—	—	—	—	29	0,3
		27	—	—	0,2	—	0,1	0,2	—	—	5,2	0,3	—	—	0,1	11,6	2,0	0,8	0,6	0,3	0,1	0,4	—	0,1	—	—	—	—	23	0,3
Mittelwerte		grk.	1,3	0,1	4,7	—	3,0	5,1	3,2	3,0	1,8	0,8	0,5	0,1	3,1	2,7	2,6	0,3	1,1	0,8	2,3	7,2	1,8	1,2	0,5	1,8	1,8	0,7	52	0,7
		mk.	0,7	vorh.	1,3	vorh.	0,5	2,7	1,3	0,3	3,1	1,1	0,1	—	0,7	5,1	2,0	0,5	2,4	1,4	1,0	3,8	0,8	0,8	0,2	0,3	0,2	0,1	31	0,7
		fk.	0,1	vorh.	0,1	—	0,2	0,7	0,3	vorh.	6,9	0,8	—	—	0,1	8,3	3,2	0,5	1,0	1,1	0,6	1,2	0,1	0,4	vorh.	—	—	—	26	0,4
		mittel	0,9	vorh.	2,7	vorh.	1,5	3,2	0,9	1,4	3,1	0,9	0,2	vorh.	1,7	4,5	2,3	0,4	1,6	1,7	1,5	5,0	1,1	0,9	0,3	0,8	0,8	vorh.	38	0,6

Tabelle 3. *Ergebnisse der mikroskopischen Auszählung.* Aufschluß Gr.St. IV (Großes Steimkertal, Bruch Nr. IV). Die Werte sind in Vol.-% angegeben

	Schicht Nr.	Quarz					Feldspat							Chlorit	Glimmer				Calcit			Limonit	Erz	Opak (nicht reflektierend)	Titanit	Glaukonit	Zirkon	Apatit	Minerale gesamt	Ton
		a	b	c	d	Gesamt	a	b	c	d	e	f	Gesamt		a	b	c	Gesamt	a	b	Gesamt									
Grobkörnig	2	3,5	6,4	16,6	0,4	27,0	0,5	0,1	0,1	14,1	0,2	4,8	19,8	11,6	0,3	0,1	0,6	0,9	—	—	—	—	0,7	0,4	0,3				61	
	2	6,7	6,0	13,8	0,4	26,9	0,8	0,3	—	14,1	0,1	3,4	18,6	14,7	0,1	0,1	0,2	0,4	—	—	—	0,1	0,3	0,1					53	7,6
	5	2,3	2,8	19,6	—	24,6	0,4	—	—	3,4	1,6	2,5	7,8	3,4	0,1	0,1	0,4	0,7	—	5,2	5,2	0,3	0,5	0,1					43	4,5
	8	3,4	4,5	20,6	0,1	28,5	1,7	0,5	0,1	17,3	0,9	5,7	26,2	10,7	0,1	0,1	0,9	1,2	0,2	0,4	0,6	—	0,6	0,4	0,4	0,1			69	
	15	3,0	6,4	15,4	0,9	26,6	1,0	0,2	—	10,2	1,8	4,2	17,3	12,2	0,7	0,3	0,2	1,2	0,2	1,4	1,6	—	0,6	0,1	0,7				61	
	16	1,9	5,2	15,4	0,1	22,5	0,7	0,1	—	9,4	1,2	3,8	15,3	6,5	0,5	0,7	0,5	1,7	—	1,3	1,3	—	0,7	—					48	
	46	4,6	3,9	12,6	0,1	21,3	0,1	0,1	0,1	6,0	2,3	2,7	11,2	2,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	30,3	30,5	—	0,2	0,2					66	1,3
	46	4,7	6,1	20,9	—	31,7	0,4	—	—	6,8	0,7	1,0	8,9	5,2	0,4	0,1	0,4	0,8	0,1	1,3	1.4	0,1	0,5	0,3					49	5,5
Mittelkörnig	1	4,3	5,8	17,2	0,3	27,6	1,0	0,7	0,1	17,1	—	4,8	23,7	12,8	0,1	—	0,7	0,8	—	—	—		0,2	0,2	0,8				66	6,9
	4	6,5	9,0	14,5	0,1	30,1	1,4	0,4	—	11,1	1,7	2,7	17,3	11,0	0,8	0,4	0,8	2,1	—	2,8	2,8		0,4	0,5	0,2				67	6,1
	5	5,7	5,3	15,7	0,2	27,0	0,6	0,2	0,1	15,5	1,5	4,5	22,3	9,4	0,8	0,3	0,8	1,9	0,2	1,3	1,5	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1			63	6,5
	7	8,3	6,9	13,0	0,1	28,3	1,0	0,1	—	11,1	0,2	3,3	15,8	16,5	4,5	0,3	1,0	5,8	—	0,1	0,1		0,9	4,0			0,1		72	8,7
	8	2,3	7,7	18,7	0,6	29,4	0,6	0,4	0,1	14,1	0,6	4,2	20,0	8,7	0,5	—	0,3	0,8	—	0,1	0,1		0,8	0,3	0,2				60	3,6
	9	6,7	7,0	11,5	0,2	25,3	0,1	—	—	11,4	2,7	4,1	18,3	5,0	0,1	0,2	0,8	1,1	—	17,3	17,3		0,8	0,4	0,1				69	6,1
	10	4,3	5,5	19,3	0,3	29,4	1,0	0,6	—	16,8	0,8	4,8	24,0	12,8	0,2	—	0,5	0,7	0,1	0,6	0,7		0,6	0,3	0,4				69	
	12	3,8	4,7	15,9	0,5	24,9	0,4	0,3	—	18,2	2,3	5,4	26,6	10,7	—	0,3	0,8	1,1	0,1	0,9	1,1		0,2	0,6	0,2				66	
	13	5,5	5,8	16,8	0,1	28,2	0,8	0,1	—	17,6	0,5	4,1	23,2	16,4	0,3	0,1	0,4	0,8	0,1	0,9	0,1		0,8	0,1	0,4				71	8,9
	16	4,4	7,1	16,2	0,1	27,8	0,8	0,2	—	15,5	1,2	6,6	24,2	14,8	0,4	0,1	1,0	1,5	0,3	0,8	1,0		0,5	0,3	1,0		0,1		71	
	18	7,8	5,2	13,1	0,4	26,5	0,9	0,1	0,1	13,8	1,0	2,7	18,5	17,7	0,7	0,1	2,7	3,4	0,2	0,3	0,6		0,7	0,5	0,2				68	8,7
	20	7,1	6,5	11,0	0,3	24,9	0,6	0,1	0,1	12,8	0,5	2,1	16,2	17,5	0,3	0,1	0,6	1,0	—	0,4	0,4	0,1	0,7	0,7	0,1				62	14,1
	27	8,6	6,1	15,5	0,1	30,3	1,7	0,1	—	14,7	1,0	3,6	21,1	16,6	0,4	0,6	0,8	2,4	—	0,3	0,3		0,6	0,6	0,3			0,1	72	7,1
	29	6,9	8,4	11,8	0,2	27,3	0,5	—	—	14,7	1,5	3,4	20,1	17,5	1,5	0,2	0,7	2,4	—	2,4	2,4		0,7	0,2	0,3		0,1	0,1	71	8,5
	30	7,7	8,8	18,0	0,2	34,7	0,8	0,1	—	14,0	2,5	3,9	21,3	10,4	0,3	—	0,5	0,8	—	2,4	2,4		0,5	0,4	0,3				71	5,3
	35	6,2	5,3	15,0	—	26,6	0,2	0,1	—	16,9	1,2	2,9	21,3	16,2	0,4	0,8	1,4	2,6	0,1	1,4	1,4		0,4	—	0,7			0,1	70	7,8
	37	6,2	5,8	16,5	0,2	28,7	1,1	0,5	—	16,6	0,1	2,8	21,2	12,8	0,9	0,1	0,6	1,7	—	—	—		1,9	0,1	0,1			0,1	67	5,2
	42	6,4	4,8	10,4	0,2	21,8	0,3	0,5	0,2	12,4	0,2	3,8	17,7	13,6	0,2	0,4	1,8	2,3	—	—	—		1,5	0,6	0,2				58	21,1
	46	7,0	6,6	12,6	0,4	26,6	0,6	0,2	0,1	14,2	1,6	2,1	19,7	10,3	—	0,1	0,8	0,9	—	4,9	4,9	0,6	0,9	0,1	0,2				63	7,5
	48	6,2	6,3	18,1	0,3	30,9	0,2	0,4	0,1	13,0	0,8	2,8	17,2	10,1	0,3	0,6	0,8	1,7	—	2,0	2,0	0,4	0,3	0,1	0,1				63	4,0
Feinkörnig	6	2,7	5,4	5,5	0,1	13,7	0,2	—	0,1	5,7	—	2,0	8,0	14,9	—	—	3,7	3,7	—	—	—			0,3					40	52,9
	22	6,5	6,5	17,0	0,1	30,1	0,5	0,1	—	15,5	—	4,8	20,9	18,0	0,9	0,1	1,4	2,4	—	—	—		0,6	0,1	0,5				73	8,7
	23	7,1	6,2	11,3	0,1	24,7	0,6	—	—	13,9	0,2	5,7	20,3	25,4	0,6	0,1	1,9	2,6	—	—	—		0,4	0,3	0,3				74	12,3
	31	3,2	8,8	16,1	0,6	28,8	0,7	0,1	—	15,9	2,3	4,9	23,7	12,6	0,3	0,1	0,7	1,1	—	5,5	5,5		1,2	0,4	0,8				74	
	32	3,5	5,6	15,2	0,3	24,6	1,5	0,1	—	18,1	0,8	7,2	27,8	14,9	0,7	0,3	0,8	1,7	0,1	0,8	0,9		2,4	0,2	0,3				73	10,1
	33	3,9	7,7	10,0	—	21,6	0,5	0,1	0,1	12,7	0,1	4,2	17,7	24,6	0,7	0,1	3,6	4,4	0,1	0,2	0,2		2,8	0,9	0,2	0,1			73	20,2
	36	2,1	12,9	9,2	—	24,2	0,3	—	—	7,0	—	5,0	12,3	23,3	1,8	0,3	3,6	5,7	—	—	—	0,8	2,6	0,6	0,3				70	21,8
	40	4,5	7,5	11,8	0,6	24,4	0,4	0,1	—	12,7	—	3,8	16,9	21,7	0,9	0,2	1,7	2,8	—	—	—	—	1,4	0,4	0,2		0,1	0,1	68	14,0
	25	4,7	8,1	6,8	0,4	20,0	0,6	—	—	18,1	0,4	5,5	24,6	26,0	2,1	1,4	1,1	4,6	0,2	0,4	6,0	0,3	0,9	1,3				0,2	79	6,1
Mittelwerte	grk.	3,8	5,2	16,9	0,2	26,1	0,7	0,1	vorh.	10,1	1,1	3,5	15,6	8,3	0,3	0,2	0,4	0,9	0,5	5,0	5,1	vorh.	0,5	0,2	0,2		vorh.		57	4,5
	mk.	6,1	6,1	15,0	0,2	27,8	0,8	0,2	vorh.	14,6	1,1	3,7	20,4	13,1	0,6	0,2	1,1	1,9	vorh.	2,2	2,2	vorh.	0,8	0,4	0,3		vorh.		67	8,0
	fk.	4,4	7,9	12,9	0,2	25,4	0,6	vorh.	vorh.	13 7	0,5	5,1	19,9	20,0	0,8	0,2	1,9	2,9	vorh.	0,9	0,9	vorh.	1,6	0,4	0,4		vorh.		71	14,5
	mittel	5,3	6,5	14,9	0,2	27,0	0,7	0,2	vorh.	13,4	0,9	3,9	19,2	13,3	0,6	0,2	1,1	1,9	vorh.	2,2	2,2	vorh.	0,8	0,4	0,3		vorh.		65	8,9

Tabelle 3 (Fortsetzung)

	Schicht Nr.	Quarzit a	b	c	d	e	f	g	Gesamt	Gneis	Glimmerschiefer	Quarz-Glimmerschiefer	Tonschiefer	Phyllit	Kieselschiefer a	b	c	Gesamt	Chloritschiefer	Chlorit-Glimmerschiefer	Quarz-Chloritschiefer	Serizitschiefer	Sandstein	Saures Tiefengestein	Saures Ergußgestein	Intermediäres bis basisches Ergußgestein	Intermediäres bis basisches Tiefengestein	Arkose	Grauwacke	Kalkstein	Gesteine gesamt	Unbestimmbar
Grobkörnig	2	0,9	—	3,0	—	1,2	2,2	0,7	8,0	2,0	4,5	0,6	6,5		—	—	0,9	0,9	1,4	1,0	2,0	0,4	2,8	4,8	1,0	1,7	—	1,4	—	—	*39	0,2
	2	1,0	0,1	4,0	—	1,1	2,5	0,4	9,2	2,2	4,9	0,2	3,2		—	—	1,1	1,1	1,3	0,1	1,5	0,2	2,5	1,5	0,7	1,5	0,1	0,3	0,2	0,2	38	0,3
	5	1,1	—	14,3	—	1,8	1,0	0,3	18,6	2,8	1,6	0,3	3,1		0,7	·	3,4	4,1	0,3	0,3	1,4	0,3	5,7	4,1	1,8	3,8	—	3,5	0,3	0,8	53	0,1
	8	1,2	—	2,3	—	0,3	1,1	0,3	5,1	0,7	4,1	0,5	7,5		—	—	0,7	0,7	1,7	0,6	1,9	0,3	1,9	3,5	0,6	1,6	—	—	—	—	*31	0,4
	15	0,7	—	1,7	—	1,2	2,8	0,7	7,1	1,2	4,5	0,7	3,8		0,1	—	2,5	2,6	1,7	0,7	1,4	1,0	4,7	4,1	0,8	3,2	0,1	0,2	1,2	0,2	*39	0,7
	16	2,4	—	10,6	0,6	4,1	0,6	1,2	19,5	1,9	1,6	1,8	1,6		—	0,1	0,4	0,5	0,1	0,1	1,4	0,1	2,2	4,8	5,5	1,5	—	8,9	0,1	—	*52	0,4
	46	2,2	—	3,4	0,2	1,6	2,0	0,7	10,2	3,7	0,7	0,4	1,0	1,1	—	—	3,4	3,4	0,2	0,1	0,5	0,4	2,7	4,1	1,3	1,0	0,1	0,7	—	0,4	32	0,7
	46	1,2	—	8,6	1,1	2,9	1,8	0,3	16,1	3,3	0,2	0,7	1,5	2,1	0,1	·	5,6	5,7	0,2	0,1	0,8	0,4	1,9	2,7	4,3	2,4	0,4	2,6	0,1	—	46	0,2
Mittelkörnig	1	0,6	0,1	1,7	—	0,6	1,0	0,2	4,2	0,4	5,5	0,8	3,2		—	—	0,6	0,6	1,2	0,4	2,4	1,0	1,6	3,7	0,2	1,5	—	0,1	—	—	27	0,3
	4	1,5	0,1	2,4	0,1	0,8	3,6	0,7	9,1	0,8	1,2	0,5	1,8	3,6	—	·	1,2	1,2	0,5	0,8	0,8	1,1	0,9	3,4	0,8	2,2	—	0,2	—	—	28	0,6
	5	1,2	—	2,5	—	0,6	1,2	0,3	5,8	0,6	4,3	0,9	3,7		—	·	1,1	1,1	1,7	0,8	2,9	0,7	2,0	2,6	0,8	1,6	0,2	0,5	0,1	0,1	31	0,3
	7	0,9	—	1,2	0,1	0,5	1,1	0,1	4,0	0,7	1,5	1,1	1,2	2,3	—	—	1,2	1,2	0,4	0,3	0,6	1,2	0,7	2,0	1,0	1,1	—	0,1	—	—	19	0,5
	8	0,4	—	2,5	—	0,5	0,8	0,3	4,5	0,4	2,9	0,4	4,7		—	—	1,2	1,2	2,0	0,5	3,3	0,3	1,7	10,3	0,3	2,5	—	0,6	—	—	36	0,5
	9	1,4	—	2,3	0,2	0,3	3,1	0,4	7,8	1,6	0,7	0,6	2,4	3,4	—	—	1,2	1,2	0,5		0,7	0,2	0,9	1,6	1,1	2,2	0,1	—	—	—	25	0,6
	10	0,9	—	1,5	—	0,2	1,6	0,3	4,5	0,4	3,3	0,7	5,5		—	—	0,4	0,4	2,3	0,6	3,5	0,8	2,1	3,5	0,9	1,3	0,2	0,5	—	—	*31	0,5
	12	0,3	—	1,3	—	0,2	2,3	0,4	4,5	1,1	5,1	0,1	9,6		—	—	1,0	1,0	1,6	0,7	1,5	0,4	1,8	3,7	1,0	1,5	0,7	—	—	—	*34	0,3
	13	0,6	—	0,5	—	0,4	1,1	0,1	2,8	0,3	5,9	0,5	2,3		—	—	0,8	0,8	1,1	0,6	1,4	0,4	1,3	1,4	0,1	1,0	—	—	—	—	20	0,4
	16	0,2	—	2,6	—	—	0,9	0,3	4,0	0,1	3,5	0,3	9,7		—	—	0,1	0,1	3,0	1,2	2,0	0,3	0,8	1,3	0,1	0,7	—	1,2	—	0,1	*28	0,4
	18	0,7	0,1	3,0	—	0,7	2,3	0,4	7,1	0,7	3,6	0,2	1,9		—	—	0,9	0,9	0,6	0,5	0,7	0,1	1,1	2,7	0,7	1,8	—	0,3	—	—	23	0,3
	20	1,0	—	1,3	—	0,5	1,2	0,3	4,3	1,0	4,6	0,4	3,2		—	—	0,6	0,6	0,9	0,3	1,9	0,2	1,4	2,6	0,3	2,0	0,2	—	—	·	24	0,4
	27	0,8	—	1,6	—	0,4	1,4	0,1	4,3	0,7	0,8	0,6	1,5	4,5	—	—	0,6	0,6	0,7	0,4	0,9	0,6	0,5	1,4	0,4	2,2	—	0,1	—	—	20	0,4
	29	0,4	—	0,9	—	0,2	1,4	0,6	3,5	1,1	2,6	0,8	1,6	2,7	—	—	1,1	1,1	0,4	0,2	0,9	0,6	1,1	1,3	0,5	1,5	—	—	—	—	20	0,4
	30	0,6	—	1,6	0,2	0,6	1,8	0,4	5,1	0,7	1,1	0,8	1,5	2,8	—	—	1,1	1,1	0,5	0,6	1,2	0,6	1,0	3,0	0,6	2,6	—	0,1	—	—	24	0,4
	35	0,5	—	1,7	—	0,1	1,1	0,4	3,8	0,7	1,3	0,4	2,1	2,0	—	—	1,0	1,0	0,5	0,5	0,9	0,8	1,4	3,8	0,8	2,2	—	—	—	—	22	0,6
	37	0,6	—	2,4	—	1,2	2,5	0,6	7,3	0,9	1,0	0,4	1,3	4,4	—	—	1,4	1,4	0,6	0,1	1,1	0,6	0,8	3,6	0,7	3,0	0,1	—	—	—	28	0,9
	42	0,5	—	2,4	0,2	0,2	1,2	0,2	4,7	0,7	1,2	0,8	2,3	2,6	—	—	1,0	1,0	0,4	0,3	0,5	0,7	0,3	2,6	0,8	1,6	—	0,1	—	—	21	0,9
	46	0,9	—	3,6	0,1	0,4	3,0	0,8	8,9	1,3	1,2	0,3	1,9	3,9	—	—	0,4	0,4	0,1	0,3	1,1	0,6	1,1	3,6	1,4	2,1	0,1	—	—	—	29	1,0
	48	0,9	—	1,6	0,3	0,6	3,0	0,7	7,1	1,8	1,8	0,7	1,6	4,6	—	—	0,6	0,6	0,6	0,2	0,6	0,2	1,3	7,7	1,6	1,8	0,1	—	—	—	33	0,6
Feinkörnig	6	0,3	—	0,8	—	—	0,9	0,1	2,1	0,1	2,3	0,1	0,1		—	—	—	—	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	—	0,4	—	0,1	—	·	7	0,1
	22	0,2	—	1,1	—	0,2	0,9	0,4	2,7	0,2	6,6	0,5	2,4		—	·	0,2	0,2	0,7	0,1	0,6	0,4	1,0	1,5	0,2	1,4	—	—	—	·	18	0,2
	23	0,4	—	0,2	—	0,1	0,5	—	1,2	—	6,5	0,2	1,6		—	—	0,1	0,1	0,8	0,2	0,5	0,4	0,7	0,4	—	0,7	—	—	—	—	13	0,4
	31	0,3	—	0,2	—	—	2,1	0,2	2,9	—	4,8	0,3	6,9		—	—	0,1	0,1	1,4	1,6	1,9	1,3	0,2	2,2	—	1,4	—	—	—	0,4	*25	0,7
	32	0,3	—	0,1	—	—	0,4	—	0,8	0,1	6,9	0,4	3,4		—	—	0,1	0,1	1,5	1,1	1,2	0,2	0,1	0,7	—	0,4	—	—	—	0,1	17	0,1
	33	—	—	—	—	0,2	—	0,1	0,2	—	5,5	0,1	0,6		—	—	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	—	—	—	0,1	—	—	—	—	7	0,1
	36	0,1	—	—	—	—	—	—	0,1	—	2,9	0,4	0,4	3,8	—	—	—	—	0,2	0,1	1,0	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	8	0,3
	40	0,1	—	0,6	—	0,2	0,9	0,5	2,3	0,4	2,2	0,5	1,6	4,9	—	—	0,6	0,6	0,7	0,6	0,2	0,8	0,1	1,1	0,2	1,0	—	—	—	0,1	17	0,7
	25	0,2	0,1	0,4	—	—	0,6	0,6	1,9	—	2,5	0,5	0,8	6,2	—	—	—	—	0,9	0,5	0,3	—	—	0,9	0,1	—	—	—	—	—	15	0,1
Mittelwerte	grk.	1,3	vorh.	6,0	0,2	1,8	1,7	0,6	11,7	2,2	4,0	0,6	2,2	1,6	0,1	vorh.	2,3	2,4	0,8	0,4	1,4	0,4	3,0	3,7	2,0	2,1	0,1	2,2	0,2	0,2	38	0,4
	mk.	0,7	vorh.	1,9	0,1	0,5	1,8	0,4	5,1	0,8	1,3	0,6	2,2	3,3			0,9	0,9	1,0	0,5	1,4	0,6	1,2	3,3	0,7	1,8	0,1	0,2	—	—	25	0,5
	fk.	0,2	—	0,3	—	0,1	0,7	0,1	1,4	0,1	2,6	0,3	1,7	4,4			0,1	0,1	0,8	0,6	0,6	0,5	0,3	0,8	vorh.	0,7	—	vorh.		0,1	15	0,3
	mittel	0,8	vorh.	2,4	0,1	0,7	1,6	0,4	6,0	1,0	1,5	0,5	2,1	3,3	vorh.	·	1,0	1,2	0,8	0,4	1,2	0,5	1,4	2,0	0,8	1,6	0,1	0,2	0,1	0,1	26	0,5

Fluidaltextur. Nach ihrer Auslöschungsschiefe in der symmetrischen Zone handelt es sich um Oligoklas-Andesin. In den Zwickeln befindet sich Chlorit und nicht selten Ilmenit und Glas.

Intermediäre und basische Ergußgesteine. Allgemein ist zu dieser Gruppe von Gesteinsbruchstücken zu sagen, daß die intermediären Typen gegenüber ausgesprochen basischen überwiegen. Ferner kann gesagt werden, daß der Anteil der intermediären und basischen Typen an allen Gesteinsbruchstücken im Aufschluß Großes Steimkertal deutlich höher ist als im Aufschluß Okertalsperre. Auch im Konglomerataufschluß am Südufer des Sösekopfes sind Gerölle basischer Ergußgesteine äußerst selten (MEMPEL[30] fand nicht eines!).

Folgende Typen wurden in Proben beider Aufschlüsse unterschieden:

a) Diabasartig mit ophitischer Struktur: Es handelt sich um meistens gut gerundete Gerölle bestehend aus leistenförmigen intermediären Plagioklasen, die kreuz und quer angeordnet sind. Dazwischen befindet sich Chlorit und Pünktchen opaken Materials (Erz).

b) Porphyritische Typen mit groben Plagioklaseinsprenglingen: Leistenförmige kreuz und quer gefügte Plagioklase in der Größenordnung von 60:200 μ bilden zusammen mit Chlorit und punktförmig angeordneten Erzaggregaten die Grundmasse. Dazwischen treten vereinzelt gröbere Plagioklase in der Größenordnung von 200:800 μ auf. Sie sind deutlich saurer als die intermediären Grundmasseplagioklase. Nach U-Tisch-Messungen beträgt ihr An-Gehalt etwa 26%. Zuweilen tritt dieses Gestein auch stark vererzt auf.

c) Intermediäres Ergußgestein mit relativ feinen Plagioklasleisten in Fluidaltextur: Feine Plagioklasleisten in der Größenordnung 6:30 μ bis 25:120 μ sind in Fluidaltextur $\pm$ parallel zueinander angeordnet. Ihre optische Orientierung ist $\pm$ einheitlich. Nach ihrer Auslöschungsschiefe handelt es sich um Oligoklas-Andesin. Zwischen den Feldspäten befindet sich Chlorit und Erz in punktförmiger Anordnung. Der Anteil der hellen Bestandteile ist so groß, daß wir dieses Ergußgestein unbedingt als intermediär bezeichnen müssen. Trachytähnliche und phonolitähnliche Typen wurden hier beobachtet.

d) Intermediäres Ergußgestein mit auffallend langen Plagioklasnadeln: Lange Nadeln eines sauren Plagioklases in der Größenordnung 12:200 μ durchspießen das Gestein kreuz und quer und bilden seinen Hauptbestandteil. In den Zwickeln befindet sich Chlorit, Erz und Ilmenit.

Zu der Einstufung aller dieser Gesteinsbruchstücke muß gesagt werden, daß sie oft wegen der geringen Größe der Bruchstücke im Dünnschliff mit einer erheblichen Willkür belastet ist.

Intermediäre und basische Tiefengesteine. Es handelt sich hier um Gesteinsbruchstücke bestehend aus groben, stark serizitisierten, oft chloritisierten Plagioklasen mit einem mittleren Durchmesser von 180 μ, in deren Zwickeln nur noch Chlorit und fleckenhaft opake bis braundurchscheinende Substanz zu erkennen ist.

Dieses Gestein kann auch in stark vererztem Zustand auftreten: Pyrit (oder Magnetkies?) durchsetzt dann das ganze Gestein in unregelmäßig begrenzten Aggregaten.

Arkose. In der Regel handelt es sich hier um Quarz-Feldspat-Trümmergesteine mit mehr als 30% Feldspatanteil. Alle Übergänge zu feldspatreichen Quarziten und zertrümmerten Graniten sind hier möglich. Bei den Feldspäten

handelt es sich hauptsächlich um serizitisierte, saure Plagioklase. Als Zwischenmittel findet sich häufig Chlorit und opake Substanz.

Auch sandsteinähnliche Gesteinsbruchstücke mit ± abgerundeten Quarzen mit einem Durchmesser von 70 μ und tonigem oder calcitischem Bindemittel, deren Feldspatgehalt mehr als 30% ausmacht, wurden als Arkose ausgezählt. Diese Typen treten gegenüber den erstgenannten zurück.

Abb. 10. Graphische Darstellung der Ergebnisse der mikroskopischen Auszählung

Grauwacke. Gesteinsbruchstücke, die man mit Sicherheit von Grauwacken herleiten kann, wurden äußerst selten angetroffen. Es handelt sich dann um stark umgesetzte feinkörnige Typen, in denen neben Quarz und Feldspat nur noch Chlorit und Glimmer angetroffen wurde. Ihr Anteil an der Gesamtzusammensetzung der von mir untersuchten Kulmgrauwacke ist praktisch ohne Bedeutung.

Kalkstein. Er tritt in beiden Aufschlüssen sehr selten in Form gut gerundeter Gerölle mit einem Durchmesser von etwa 300 μ auf. Sie bestehen aus feinstverteiltem Ca-Karbonat vermischt mit toniger und opaker Substanz.

Ein ausgefallen großes Kalksteingeröll mit einem Durchmesser von 7 cm wurde in einer mittelkörnigen Grauwacke aus dem Aufschluß: Sö. II am Engelntalskopf am Nordufer der Sösetalsperre gefunden. Die äußere Schale des Gerölls ist

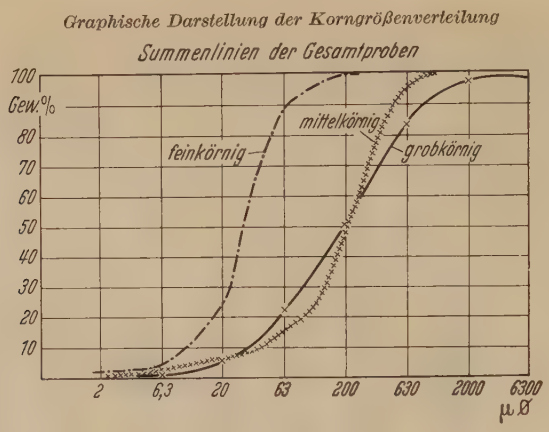
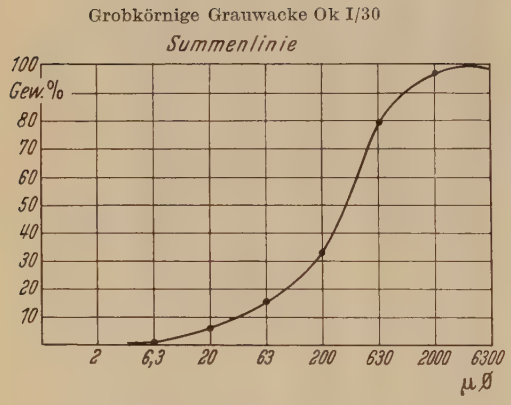
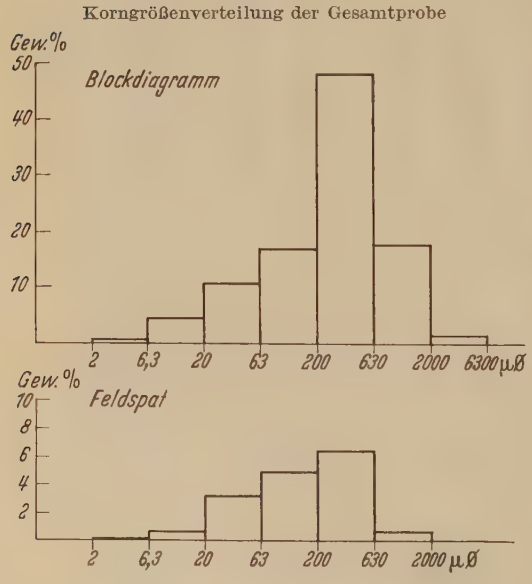

Graphische Darstellung der Korngrößenverteilung
Summenlinien der Gesamtproben
Gew.%
feinkörnig
mittelkörnig
grobkörnig
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2
6,3
20
63
200
630
2000
6300
µØ

Abb. 11


Grobkörnige Grauwacke Ok I/30
Summenlinie
Gew.%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2
6,3
20
63
200
630
2000
6300
µØ


Korngrößenverteilung der Gesamtprobe
Gew.%
Blockdiagramm
50
40
30
20
10
2
6,3
20
63
200
630
2000
6300µØ
Gew.%
Feldspat
10
8
6
4
2
2
6,3
20
63
200
630
2000 µØ

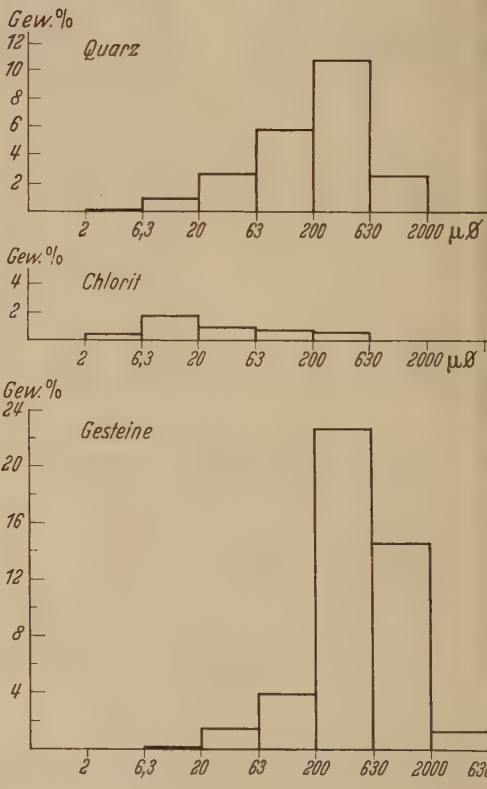

Gew.%
Quarz
12
10
8
6
4
2
2
6,3
20
63
200
630
2000 µØ
Gew.%
Chlorit
4
2
2
6,3
20
63
200
630
2000 µØ
Gew.%
Gesteine
24
20
16
12
8
4
2
6,3
20
63
200
630
2000

Abb. 12

Grobkörnige Grauwacke Gr St. IV/16

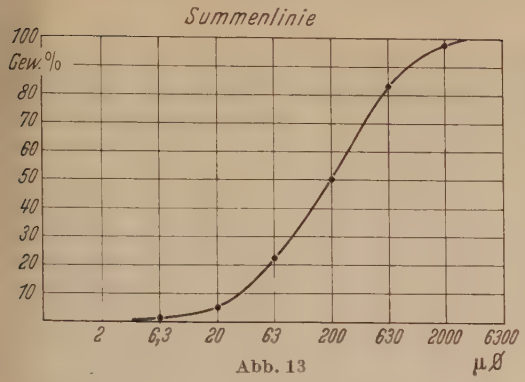


Abb. 13

Mittelkörnige Grauwacke, mit verstreut auftretenden groben Anteilen Gr St. IV/38

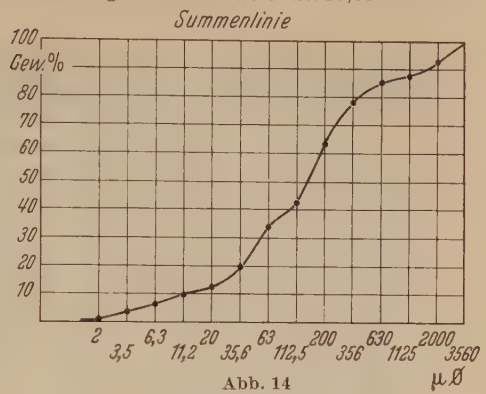
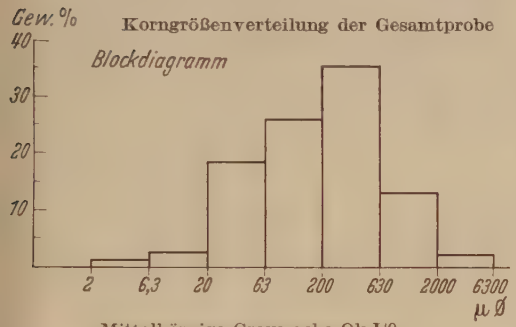


Abb. 14



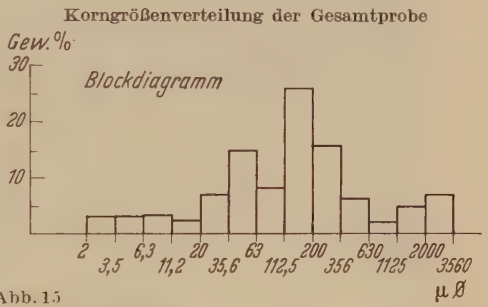
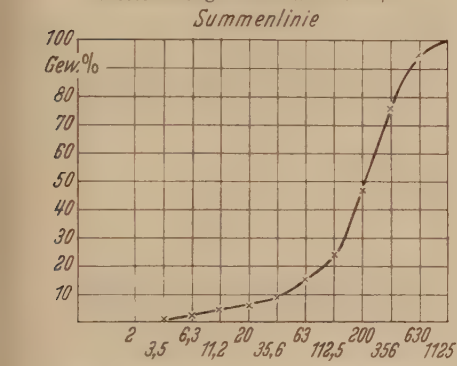
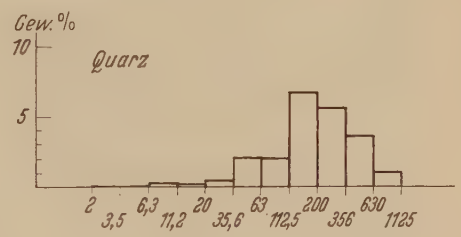
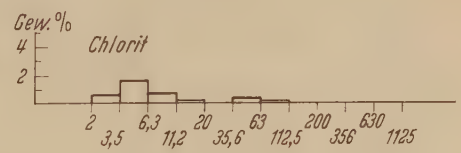


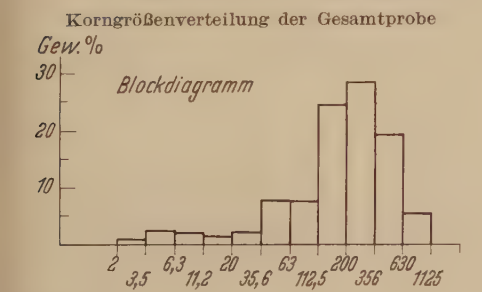
Abb. 15

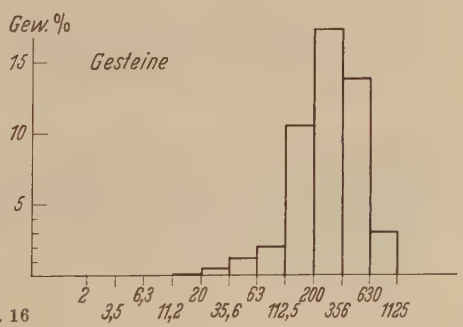
Mittelkörnige Grauwacke Ok I/9











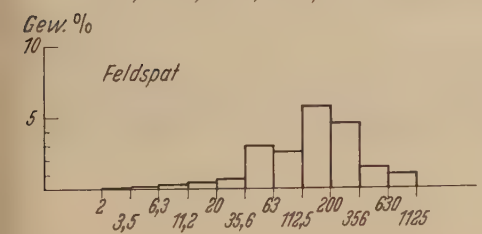


Abb. 16

dunkelgrau bis schwarz gefärbt, innen ist es hellgrau. Es wird von einigen parallel angeordneten dünnen tonigen Lagen durchzogen. Fossilreste wurden in keinem der Kalksteingerölle gefunden.

Den einzelnen Diagrammen über die Korngrößenverteilung ist folgendes zu entnehmen: die grobkörnigen Proben erfassen einen Korngrößenbereich, der vom Ton über Sand bis in den Bereich des Feinkieses geht (bis zu 6300 $\mu\varnothing$). Das Maximum liegt zwischen 200 und 630 $\mu\varnothing$. Die Gesteine,

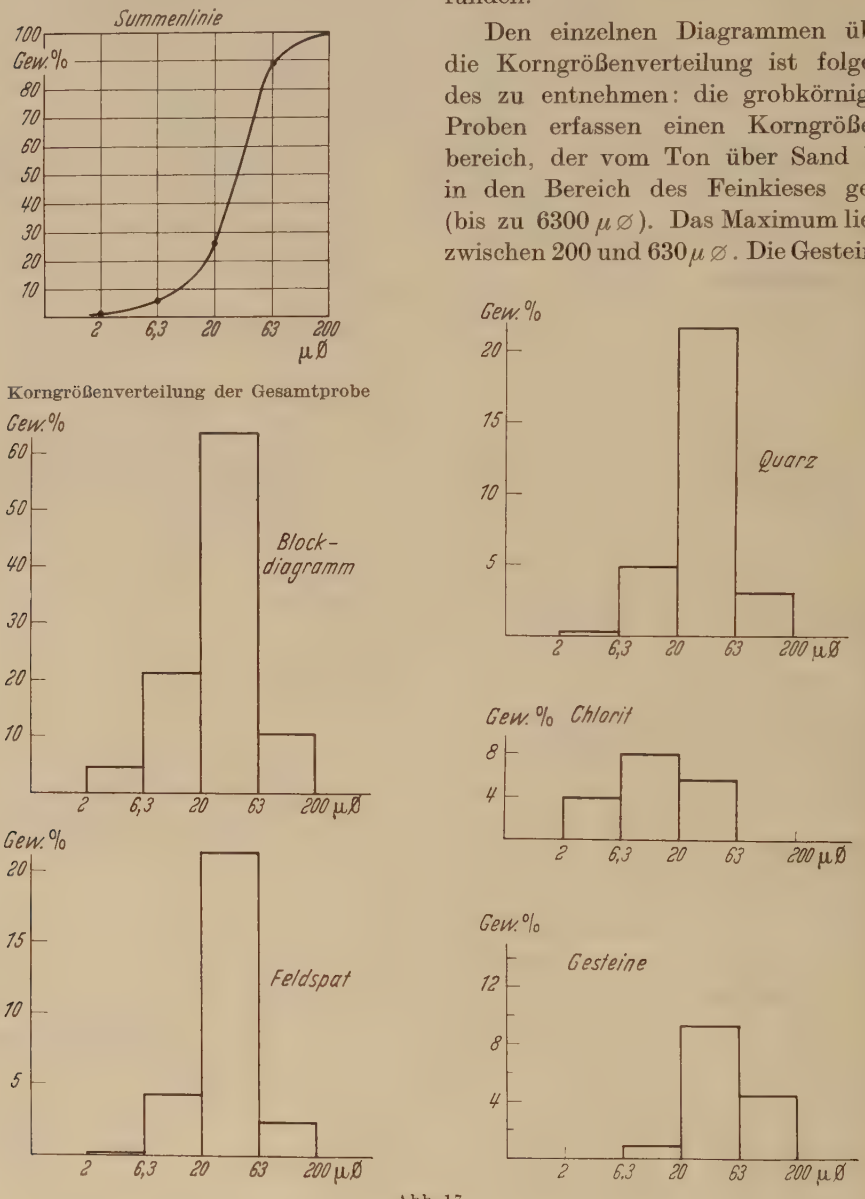


Abb. 17

die überhaupt erst oberhalb 20 $\mu\varnothing$ in Erscheinung treten, sind stark an diesem Maximum beteiligt. Die Maxima für Feldspat und Quarz liegen ebenfalls in diesem Bereich. Der Chlorit zeigt andere Verhältnisse. Sein Maximum liegt bereits zwischen 6,3 und 20 μ.

Die mittelkörnige Probe zeigt ähnliche Verhältnisse. Die Korngrößen ihrer Bestandteile reichen bis in die Gegend des Grobsandes (1125 $\mu\varnothing$). Das Blockdiagramm läßt bereits zwischen 3,5 und 6,3 $\mu\varnothing$ ein erstes, kleines Maximum erkennen, welches offensichtlich durch Bestandteile des „Zwischenmittels" hervorgerufen wird. Wie man sieht, hat Chlorit sein Maximum in diesem Bereich. Im Bereich des Hauptmaximums zwischen 112,5 und 630 $\mu\varnothing$ liegen auch hier wieder die Maxima für Gesteinsbruchstücke, Feldspat und Quarz. Das Blockdiagramm für Chlorit zeigt ein zweites, weniger ausgeprägtes Maximum bei der Korngrößenklasse 35.6—63 $\mu\bigcirc$. Hierfür sind offenbar die auf S. 254 erwähnten größeren, eisenreichen Prochlorite verantwortlich.

Das Blockdiagramm der feinkörnigen Probe zeigt ein ausgeprägtes Maximum für einen Korndurchmesser zwischen 20 und 63 μ. Wie man sieht sind Feldspat und Quarz an diesem Maximum stark beteiligt. Die Gesteinsbruchstücke sind ebenfalls in dieser Korngrößenklasse am stärksten vertreten, mengenmäßig treten sie jedoch in den feinkörnigen Proben hinter Quarz und Feldspat zurück. Wie bei der grobkörnigen Probe liegt das Maximum für Chlorit in der Korngrößenklasse 6,3—20 μ.

Sowohl aus den Blockdiagrammen als auch aus dem Verlauf der Summenlinien geht deutlich hervor, daß die Kulmgrauwacke ein schlecht sortiertes Sedimentgestein ist. Die Sortierung wird deutlich zu den feinkörnigen Typen hin besser.

Tabelle 4. *Sortierungsverhältnisse einiger charakteristischer Proben*

Probe	M	So	
Ok I/30 . . .	372	2,0	grobkörnig
Gr. St. IV/16.	200	2,6	grobkörnig
Gr. St. IV/38.	147	2,6	mittelkörnig mit verstreut auftretenden groben Anteilen
Ok I/9 . . .	200	1,8	mittelkörnig
Ok I/27 . . .	35	1,6	feinkörnig

Diese Verhältnisse werden in Tabelle 4 zusammenfassend wiedergegeben. Dabei ist M der Halbgewichtsdurchmesser (das ist derjenige Durchmesser, bei dem 50 Gew.-% der Körner einen größeren und 50 Gew.-% der Körner einen kleineren Durchmesser haben). Als Maß für die Sortierung benutzte ich den von Pettijohn[33] angeführten Quotienten $\sqrt{Q_3/Q_1}$.

3. Korngestalt

Die Messung der Korngestalt wurde an drei charakteristischen Grauwackentypen durchgeführt, deren Korngrößenverteilung und mittlerer Korndurchmesser bekannt war. Von jeder Probe wurden mehrere Schliffe, die verschiedenen Schnittlagen entsprachen, verwendet. Sechs Hauptkomponenten des Gesteins wurden bei diesen Messungen berücksichtigt. Von ihnen wurden nur Körner $>63\,\mu$ gemessen.

Der *Rundungsgrad* wurde nach einer bei A. v. Moos und F. de Quervain[31] angeführten Einteilung von Dal Vesco bestimmt. Diese Einteilung sieht sechs Klassen vor, die sich durch besonders augenfällige Merkmale voneinander

unterscheiden lassen. Die erste Klasse umfaßt zackige Körner ohne jede Abrundung, während der sechsten vollkommen runde Körner angehören.

1000—2000 Körner wurden pro Probe untersucht. Durch vorangegangene Prüfung der Reproduzierbarkeit ergab sich für die einzelnen Komponenten, je nach Variationsbreite, eine Mindestanzahl von 50—500 Körnern.

Tabelle 5. *Probe: Gr.St. IV/25 feinkörnige Grauwacke*

Komponenten	Rundungsgrad 1	2	3	4	5	6	Mittlerer Rundungsgrad
	(relative Häufigkeit in %)						
Quarz	81,5	13,6	4,4	0.4	–	—	1,2
Feldspat . . .	52,1	30,6	15,4	2,0	—	—	1,7
Quarzit . . .	28,6	23,8	38,1	9.5	—	—	2,3
Phyllit	1,6	1,6	29,7	67,1	—	—	3,6
Kieselschiefer .	—	—	—	100,0	—	—	4,0
Tiefengestein .	55,5	30,6	11,1	2.8	–	—	1,6
Ergußgestein .	—	6,2	31,2	62,6	—	–	3,6

Tabelle 6. *Probe: Ok I/9 mittelkörnige Grauwacke*

Komponenten	Rundungsgrad 1	2	3	4	5	6	Mittlerer Rundungsgrad
	(relative Häufigkeit in %)						
Quarz	32,7	36,4	27,6	3,0	0,3	—	2,0
Feldspat . . .	20,9	23,0	43,5	12,1	0,4	—	2,5
Quarzit . . .	8,3	20,0	51,1	20,0	—	—	2,8
Phyllit	—	3,3	16,1	80,6	—	—	3,8
Kieselschiefer .	—	5,3	21,1	73,7	—	—	3,7
Tiefengestein .	18,8	30,8	44,4	6,0	—	—	2,4
Ergußgestein .	—	3,7	25,9	59,2	11,1	–	3,8

Tabelle 7. *Probe: Ok I/30 grobkörnige Grauwacke*

Komponenten	Rundungsgrad 1	2	3	4	5	6	Mittlerer Rundungsgrad
	(relative Häufigkeit in %)						
Quarz	34,4	30,5	23,0	10,8	4,1	0,2	2,2
Feldspat . . .	15.1	17,2	33,3	32,3	2,2	—	2,9
Quarzit . . .	7,3	13,1	40,5	33,3	5,8	—	3,1
Phyllit	—	—	25,0	75,0	—	—	3,8
Kieselschiefer .	—	—	5,0	36,7	56,6	1,7	4,6
Tiefengestein .	10,2	20,4	51,0	16,3	2,1	—	2,8
Ergußgestein .	—	—	10,0	53,4	33,3	3,3	4,3

Um das Verhalten des Rundungsgrades in einer Schicht mit deutlicher Abnahme der mittleren Korngröße vom Liegenden zum Hangenden zu definieren, wurden Quarzkörner aus drei verschiedenen Proben einer geeigneten Schicht (Ok I/16) untersucht. Für eine genetische Deutung ist eine derartige Untersuchung natürlich nur dann sinnvoll, wenn man Quarzkörner derselben Größe miteinander vergleicht. So wurden hier nur Quarzkörner mit einem Durchmesser von 100—200 μ betrachtet.

Tabelle 8. *Mittlerer Rundungsgrad von Quarzen ⌀ 100—200 μ einer grobkörnig einsetzenden Grauwackebank mit einer Korngrößenabnahme zum Hangenden hin*

Grobkörniger Liegendteil	2,09
Mittelkörniger Übergang	1,66
Feinkörniger Hangendteil	1,63

Die Messung der *Form* geschah in der Weise, daß das Verhältnis des längsten Korndurchmessers zu dem größten Durchmesser senkrecht dazu gebildet wurde. Der so ermittelte Quotient kennzeichnet also die Isometrie bzw. die Länglichkeit eines Kornes: Mit wachsendem Quotienten nimmt auch die Länglichkeit eines Kornes zu.

Für die Formmessung wurden etwa 2000 Körner von jeder Probe untersucht. Auch hier erwies sich die Anzahl von 50—500 Körnern für die einzelnen Komponenten, je nach deren Variationsbreite, als günstig.

Tabelle 9. *Probe: Gr.St. IV/25 feinkörnige Grauwacke*

Komponenten	Achsenverhältnisse						Mittleres Achsenverhältnis
	1,0—1,5	1,6—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	> 5,1	
	(relative Häufigkeit in %)						
Quarz	40,9	29,2	21,4	5,8	0,2	2,5	2,0
Feldspat . . .	48,1	30,9	18,2	1,8	0,9	—	1,7
Phyllit	5,6	13,6	29,6	23,2	13,6	14,4	3,4
Quarzit a . . .	50,0	38,4	11,6	—	—	—	1,7
Quarzit b . . .	17,6	17,7	53,0	8,8	2,9	—	2,3
Kieselschiefer .							
Tiefengestein .	58,6	27,6	10,3	3,5	—	—	1,6
Ergußgestein .	70,6	26,5	2,9	—	—	—	1,4

Tabelle 10. *Probe: Ok I/9 mittelkörnige Grauwacke*

Komponenten	Achsenverhältnisse						Mittleres Achsenverhältnis
	1,0—1,5	1,6—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	> 5,1	
	(relative Häufigkeit in %)						
Quarz	51,2	24,5	20,2	3,4	0,3	0,3	1,7
Feldspat . . .	56,9	27,2	14,4	1,5	—	—	1,6
Phyllit	5,7	13,9	32,0	23,8	13,9	10,6	3,4
Quarzit a . . .	61,8	26,5	10,2	1,5	—	—	1,5
Quarzit b . . .	23,9	26,8	37,3	10,4	1,5	—	2,1
Kieselschiefer .	37,0	31,4	24,2	7,4	—	—	1,8
Tiefengestein .	44,1	41,5	14,3	—	—	—	1,6
Ergußgestein .	53,1	28,1	18,8	—	—	—	1,7

Bei der Beurteilung der Ergebnisse der Formmessung muß man sich vor Augen halten, daß die im Schliff gemessenen Größen nicht mit den entsprechenden wirklichen Größen der Körner übereinstimmen. Der bei solchen Untersuchungen auftretende Verkleinerungseffekt muß in Kauf genommen werden. Bei der ausgemessenen Anzahl von Körnern kann man jedoch annehmen, daß die wirklichen Verhältnisse in ausreichendem Maße wiedergegeben werden.

Wie zu erwarten, kommt deutlich zum Ausdruck, daß Quarz, Feldspat, Quarzit a, Tiefengestein und Ergußgestein weitgehend isometrisch sind. Die

Tabelle 11. *Probe: Ok I/30 grobkörnige Grauwacke*

Komponenten	Achsenverhältnisse (relative Häufigkeit in %)						Mittleres Achsenverhältnis
	1,0—1,5	1,6—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	> 5,1	
Quarz	60,7	26,1	12,1	1,1	—	—	1,6
Feldspat . . .	60,0	23,5	15,6	0,9	—	—	1,6
Phyllit	—	11,8	17,6	41,2	8,8	20,6	4,0
Quarzit a . . .	70,8	25,0	4,2	—	—	—	1,4
Quarzit b . . .	15,8	42,1	26,3	10,5	—	5,3	2,3
Kieselschiefer .	29,4	31,4	31,4	3,9	3,9	—	2,0
Tiefengestein .	77,0	23,0	—	—	—	—	1,4
Ergußgestein .	54,8	23,3	12,9	—	—	—	1,6

Quarzit a: Quarzit a—d in Tabelle 2 und 3. Quarzit b: Quarzit e—g in Tabelle 2 und 3.

schiefrigen Gesteine, Quarzit und besonders Phyllit zeigen deutlich längliche Formen.

VII. Quantitative chemische Analyse

Von Proben, die sich nach ihrem optischen Befund als charakteristisch erwiesen, wurden aus beiden Aufschlüssen je eine grobkörnige, eine mittelkörnige und eine feinkörnige Grauwacke mit Doppelbestimmung chemisch analysiert. Die Ausführung geschah nach der Methode von SHAPIRO und BRANNOK[43]. Die Werte für Cr, S und N verdanke ich der Freundlichkeit der Herren Dr. FRÖHLICH, Dr. RICKE und Dr. WLOTZKA.

Tabelle 12

	Ok I/30 grk.	Ok I/33 mk.	Ok I/27 fk.	Gr.St. IV/16 grk.	Gr.St. IV/29 mk.	Gr.St. IV/25 fk.
SiO_2	77,2	69,7	65,2	75,8	72,6	63,1
TiO_2	0,4	0,9	0,9	0,5	0,6	1,2
Al_2O_3	9,6	14,4	16,6	11,0	12,8	16,7
Fe_2O_3	0,9	2,6	3,3	1,8	2,2	2,4
FeO	1,5	1,0	1,6	1,2	1,4	3,1
MnO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MgO	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	1,9
CaO	1,9	1,4	0,6	2,1	1,0	1,2
Na_2O	2,7	3,5	3,3	2,5	2,7	3,1
K_2O	1,1	1,8	2,5	1,2	1,3	2,1
H_2O^+	2,3	2,8	3,2	2,5	2,6	3,8
H_2O^-	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	0,5
P_2O_5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
CO_2	1,3	0,2	—	0,6	0,7	0,2
S				0,160	0,174	0,251
N	126 ppm					297 ppm
ber.: NH_3						
Cr	22 ppm		40 ppm			43 ppm
	100,8	100,4	99,9	101,2	100,2	100,1
			Korrektur S/O	—0,04	—0,04	—0,06

Die Analysenergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung der sich entsprechenden Proben aus beiden Aufschlüssen. Lediglich die Probe Gr.St./25 fällt mit ihren Werten für FeO, TiO_2 und CaO etwas aus dem Rahmen.

Mit Abnahme der mittleren Korngröße nehmen Al_2O_3 (stark!) FeO, Fe_2O_3, TiO_2, P_2O_5, MgO, K_2O, H_2O^+ und H_2O^- zu. Dieser Gang wird hinreichend durch die Zunahme der Gehalte an Tonmineralen (Chlorit und Glimmer) zu den feinkörnigen Grauwacken hin erklärt. Die geringe Zunahme des P_2O_5-Gehaltes kann mit der Tatsache in Zusammenhang gebracht werden, daß die feinkörnigen Grauwacken allgemein einen höheren Schwermineralgehalt besitzen, wobei Apatit ein Hauptbestandteil dieser Schwerminerale ist. Der Schwefel, der hauptsächlich im Pyrit vorliegt, ist auch auf diese Weise in den feinkörnigen Grauwacken stärker vertreten. Eine ähnliche Erklärung könnte unter Umständen auch für den Gang TiO_2 in Zusammenhang mit dem Mineral Titanit angeführt werden.

Die Abnahme der Kieselsäure mit abnehmender mittlerer Korngröße der Grauwacken wird dadurch erklärt, daß Gesteinsbruchstücke wie Quarzite, Kieselschiefer und Granite in den feinkörnigen Grauwacken stark zurücktreten.

Der Karbonatgehalt schwankt nach dem optischen Befund schon von Schicht zu Schicht so stark, daß aus dem Analysenergebnis keine allgemein gültigen Aussagen über das Verhalten von Ca und CO_2 gemacht werden können.

Die geringe Zunahme des Chromwertes zu den feinkörnigen Grauwacken hin kann man nach F. Fröhlich damit erklären, daß das Chrom bevorzugt in den tonigen Anteilen der Grauwacke zu suchen ist.

Eine Umrechnung der Ergebnisse der quantitativen chemischen Analyse auf den mikroskopisch bestimmten Mineralbestand wurde von mir bewußt nicht durchgeführt. Dieses Verfahren ist eine ausgezeichnete Kontrolle der optischen Bestimmung des Mineralbestandes bei einem sauberen Eruptivgestein. Die Oberharzer Kulmgrauwacke ist jedoch ein Gestein, das sich aus einer beträchtlichen Anzahl verschiedenster Komponenten zusammensetzt. Die Einteilung, die von mir für die Tabellen der mikroskopischen Analyse gewählt wurde, ist schon eine grobe Vereinfachung der tatsächlichen Verhältnisse. Die einzelnen Komponenten wurden außerdem in den verschiedensten Stadien der Umbildung oder nach Zersetzung angetroffen. Manche Granitbruchstücke wurden nur an winzigen Relikten von Feldspat oder Biotit, anhaftend an großen Quarzen, als solche erkannt und ausgezählt. Viele Porphyrbruchstücke bestehen nur aus Grundmasse. Sie wurden nur aus der Erfahrung mit anderen, die Einsprenglinge enthielten, als Porphyrbruchstücke erkannt und ausgezählt. Viele Feldspäte lassen bei der Auszählung keine eindeutige optische Bestimmung zu.

Die Aufzählung dieser Unsicherheitsfaktoren soll genügen, um zu zeigen, daß das Ergebnis einer Umrechnung des Mineralbestandes in die chemische Zusammensetzung einen weiten subjektiven Spielraum besitzt, so daß keine gegenseitige Kontrolle der Ergebnisse mehr gewährleistet, und der Zeitaufwand, den eine sorgfältige derartige Umrechnung erfordern würde, meiner Ansicht nach nicht mehr gerechtfertigt ist.

Vergleicht man nun die Ergebnisse der chemischen Analyse der Probe Gr.St. IV/25 mit den von Clarke und Washington errechneten Durchschnittswerten für Eruptivgesteine, so stellt man eine relativ gute Übereinstimmung fest.

Allerdings liegen die Werte für Na_2O, K_2O und MgO etwas unter denen der Eruptivgesteine; der Wert für CaO ist sogar erheblich niedriger.

Will man aus dieser Übereinstimmung irgendwelche Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Liefergebietes der Oberharzer Kulmgrauwacke ziehen (gerade

eine feinkörnige Grauwacke würde ja den besten Durchschnitt repräsentieren), so sind wohl die stichhaltigen Kriterien bei den Alkalien und Erdalkalien zu suchen. Gerade diese Elemente gehen jedoch bei der chemischen Verwitterung der Silikate zuerst in Lösung und können so leicht abtransportiert werden. Sie müssen also mit entsprechender Vorsicht in diese Überlegungen einbezogen werden.

Besonders wichtig scheint mir der relativ hohe Wert für Na_2O in der Probe Gr.St. IV/25 zu sein. Er liegt weit über dem von K. H. WEDEPOHL[46] berechneten Durchschnittswert für Tonschiefer (1,6%). Dieser Na_2O-Wert scheint mir stark für einen wesentlichen Anteil an Eruptivgesteinskomponenten in dem feinen Verwitterungsschutt, aus dem sich diese Grauwacke zusammensetzt, zu sprechen. Außerdem kann man ihn wohl als einen Hinweis für eine rasche mechanische Verwitterung betrachten.

Tabelle 13

	Probe Gr. St. IV/25	Durchschnittswerte in Prozent für Eruptivgesteine von CLARKE und WASHINGTON
SiO_2	63,1	59,12
TiO_2	1,2	1,05
Al_2O_3	16,7	15,34
Fe_2O_3	2,4	3,08
FeO	3,1	3,80
MnO	0,1	0,12
MgO	1,9	3,94
CaO	1,2	5,08
Na_2O	3,1	3,84
K_2O	2,1	3,30
H_2O^+	3,8	1,15
H_2O^-	0,5	
P_2O_5	0,4	0,30
CO_2	0,2	0,10
S . .		0,05
	99,8	100,10

Der große Unterschied in den Werten für CaO könnte auf zwei Arten erklärt werden:

1. Die Eruptivgesteine, die an der Lieferung des Verwitterungsmaterials beteiligt waren, sind von vornherein arm an basischen Plagioklasen gewesen (z. B. Granodiorite und Quarzdiorite).

2. Die basischen Plagioklase waren Gegenüber der Verwitterung weniger resistent als die sauren.

Wahrscheinlich haben beide Faktoren eine Rolle gespielt.

Die dunklen Gemengteile der Eruptiva (Amphibole und Pyroxene) werden ebenso wie die Feldspäte rasch von der Verwitterung erfaßt. Dabei könnte Mg^{++} in der Lösung weggeführt worden sein, soweit es nicht bei der Bildung der Chlorite wieder gebraucht wurde.

Die hier angeschnittenen Probleme sollen weiter unten (Kapitel VIII) in Zusammenhang mit den Ergebnissen der mikroskopischen Auszählung weiter erörtert werden.

VIII. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Nach den verschiedenen Untersuchungen, die ich an der Oberharzer Kulmgrauwacke durchführte, läßt sich über dieses Gestein folgendes sagen:

Es handelt sich um ein klastisches Sedimentgestein mit wechselnden Gehalten von Quarz, Feldspat, Chlorit und Glimmer, sowie Bruchstücken verschiedener Tiefen- und Ergußgesteine, verschiedener Quarzite, Kieselschiefer, Tonschiefer, Sandsteine und Metamorphite der Epizone. In vielen Proben wurden auch Bruchstücke von Gneis registriert. Grobkörnige Grauwacken enthalten oft „Tonschieferflatschen", die wegen ihrer Größe nicht in den Korngrößenbereich der sie umgebenden Komponenten passen und die meistens leicht plastisch verformt sind.

Das Gestein steht bankig an. Die Mächtigkeit der Bänke liegt zwischen 1 dm und einigen Metern. Ihnen sind geringmächtige Lagen von Tonschiefer zwischengeschaltet, die sich durch einen höheren Chloritgehalt und einen weniger hohen Gehalt am muskovitischem Glimmer von den oben erwähnten „Tonschieferflatschen" unterscheiden. Diese Tonschiefer enthalten oft Pflanzenreste, die manchmal verkohlt sind. Einige dieser Zwischenlagen bestehen nur aus „Pflanzenhäcksel". Sie enthalten außerdem die für die stratigraphische Gliederung wichtigen Goniatiten.

Wie bereits in Kapitel IV erwähnt wurde, zeigen sehr viele Grauwackebänke eine Korngrößenabnahme vom Liegenden zum Hangenden einer Bank. Diese Abnahme der Korngröße kann, besonders in mächtigen Bänken, durch erneute grobe Lagen unterbrochen werden und sich so innerhalb einer Schicht einige Male wiederholen. Der mittlere Korndurchmesser kann von einer Bank zur anderen sehr stark wechseln.

Alle diese Erscheinungen deuten auf rhythmische Veränderungen in den Sedimentationsbedingungen hin, wobei die Tonschiefersedimentation offenbar die Ablagerungsform in Normalzeiten war, die zeitweise durch Schüttungen groben Materials unterbrochen wurde.

Als Lieferant für diese Schüttungen wird von der Mehrzahl der Autoren, die sich bisher mit diesem Problem befaßt haben, die „Mitteldeutsche Schwelle" verantwortlich gemacht. Es handelt sich dabei nach R. Brinkmann[2] um einen relativ schmalen Festlandsrücken, der sich etwa aus der Gegend von Nancy in nordöstlicher Richtung bis in die Gegend von Halle erstreckte, im Zuge orogener Vorphasen im Visé eine Hebung erfuhr und mächtige Sedimentmassen besonders in die ihm nordwestlich vorgelagerte Saumtiefe schüttete.

Wie man sich den Ablagerungsmechanismus im einzelnen vorzustellen hat, ist nicht ganz einfach zu sagen. An Hinweisen haben wir den schon erwähnten Wechsel von Grauwackebänken mit Tonschiefer und den Unterschied in der mittleren Korngröße der einzelnen Grauwackebänke. Dazukommen die schon von Ph. H. Kuenen u. Mitarb.[19ff.]) beschriebenen Fließ- und Wulststrukturen (sole markings) an der Liegendfläche mancher Grauwackebänke (Abb. 3) und die weit verbreitete Erscheinung der Korngrößenabnahme vom Liegenden zum Hangenden einer Schicht. Besonders die beiden letztgenannten Phänomene dienen diesen Autoren als Beweis dafür, sich die Ablagerung der Grauwacken in Form von „turbidity currents" (Suspensionsströme großer Dichte) vorzustellen.

Die Untersuchung der Korngestalt hat ergeben, daß neben den Quarzen auch solche Komponenten, die gegenüber mechanischer Beanspruchung weniger resistent sind, wie z. B. Feldspäte und Granitbruchstücke, besonders schlecht gerundet sind. Gerade diese Komponenten liegen heute in den Grauwacken zum großen Teil in einem erstaunlich guten Erhaltungszustand vor. Aus diesen Beobachtungen lassen sich nun folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Verwitterung auf dem Festland hatte eine überwiegend mechanische Komponente. Man könnte in diesem Zusammenhang daran denken, daß diesem Festland eine schützende Pflanzendecke in unserem heutigen Sinne fehlte (K. Mägdefrau[29]).

2. Das angefallene Verwitterungsmaterial konnte infolge großer Reliefunterschiede rasch abtransportiert werden. Der unterschiedliche Rundungsgrad

gleicher Komponenten spricht für verschieden lange Transportwege. Der allgemein schlechte Rundungsgrad spricht für einen nicht sehr langen Transportweg des gesamten Materials.

3. Die Ablagerung muß in Form plötzlich einsetzender Schüttungen erfolgt sein. Die scharfe Liegendgrenze grobkörniger Einschaltungen spricht besonders deutlich dafür (Abb. 5). Für diese Schüttungen könnte man einmal tektonisch bedingte Veränderungen des Reliefs, unter Umständen aber auch Klimaveränderungen verantwortlich machen.

Die außerordentlich schlechte Sortierung, besonders der grobkörnigen Grauwacken (s. Tabelle 4), spricht für raschen Transport und alsbaldige Ablagerung.

Außer der Frage nach ihren Bildungsbedingungen erscheint mir die Frage nach der Zusammensetzung dieser Sedimente wichtig.

Ein bedeutender Punkt bei der Beurteilung der Ergebnisse der mikroskopischen Auszählung ist die Tatsache, daß der Gehalt an Eruptivgesteinsresten etwa 40 Vol.-% des Gesteins ausmacht, wenn man einen großen Teil der Quarze und Feldspäte in diesen Wert einbezieht, was nach deren optischen Befund im Vergleich mit größeren Granit- und Granodioritbruchstücken zulässig ist. Diese Tatsache wird auch durch die Ergebnisse der chemischen Analysen (S. 272) bestätigt. Man muß danach annehmen, daß granitische und granodioritische Gesteine einen wesentlichen Anteil an dem Festland hatten, das man als Liefergebiet für die Oberharzer Kulmgrauwacke verantwortlich macht. Neben diesen granitischen Gesteinen wurden saure, intermediäre und basische Ergußgesteine abgetragen. Bei ihnen überwiegen die intermediären Typen. Insgesamt sind sie jedoch höchstens mit 5% an der Zusammensetzung der Grauwacken beteiligt.

An reinen Sedimenten lieferte dieses Festland verschiedene Varietäten von Tonschiefern, Kieselschiefern und Sandsteinen, auch Bruchstücke von Kalkstein wurden vereinzelt angetroffen.

Einen breiten Raum nehmen dann wieder Phyllite, Glimmerschiefer und andere Metamorphite der Epi-Zone ein.

Ebenso sind Quarzite in den verschiedensten Ausbildungsformen und den verschiedensten Graden der Metamorphose stark vertreten.

Gneisbruchstücke wurden in Proben beider Aufschlüsse gefunden. Verschiedene Anzeichen, wie z. B. das häufige Vorkommen von kataklastischen Quarzen, das Auftreten von Quarz-Feldspat-Trümmergestein, von Quarziten mit Mylonitisierungszonen, von Gneisen mit deutlichen Anzeichen einer präkristallinen Deformation, schließlich von Phylliten mit einer zweiten Schieferung (in statu nascendi) u. a. m. sprechen deutlich dafür, daß viele der Liefergesteine bereits vor ihrer Abtragung dynamometamorph beansprucht waren.

Die Unterschiede in der Zusammensetzung der Grauwacken, die sich zwischen den beiden von mir für eine genauere Untersuchung ausgewählten Aufschlüssen Ok I und Gr.St. IV ergeben haben, sind unerheblich. Sie beruhen im wesentlichen darauf, daß im Aufschluß Ok I mehr grobkörnige Schichten erfaßt wurden als bei dem Aufschluß Gr.St. IV. Der Unterschied zeigt sich besonders im Gehalt an sauren Tiefengesteinen, der im Aufschluß Ok I größer ist. — Die Gesteinsbruchstücke nehmen von den grobkörnigen zu den feinkörnigen Grauwacken etwa von 40% bis auf etwa 10% ab. Die Granitbruchstücke, deren Einzelkomponenten (Quarz und Feldspat) einen mittleren Korndurchmesser von etwa 200—300 μ

haben, können in den feinkörnigen Grauwacken, deren oberste Korngrößengrenze gerade bei 200 μ liegt, kaum noch als Gesteinsbruchstücke in Erscheinung treten.

Ein Vergleich mit den von Helmboldt und Huckenholz untersuchten „Tanner Grauwacken" zeigt besonders in Hinblick auf die Gesteinsbruchstücke eine sehr große Ähnlichkeit beider Gesteinskomplexe in ihrer Zusammensetzung. An Unterschieden wäre hervorzuheben:

1. Vielleicht ein etwas stärkeres Hervortreten der Gneiskomponente (leider werden von beiden Autoren keine quantitativen Angaben über den Gehalt an Gneisbruchstücken gemacht — wahrscheinlich wegen ihrer geringfügigen Bedeutung).

2. Das Verhältnis Quarz-Feldspat hat sich in den Kulmgrauwacken deutlich zugunsten des Quarzes verschoben. Die Tatsache kommt auch klar in den SiO_2-Werten der chemischen Analysen zum Ausdruck. In der Tabelle 14 seien deshalb noch einmal die Durchschnittsanalysen verschiedener Autoren zum Vergleich angeführt.

Tabelle 14 (Werte in Prozent)

	I	II*	III	IV
SiO_2	70,6	72,10	68,56	68,59
TOi_2	0,7	0,53	0,08	0,42
Al_2O_3	13,5	13,09	12,51	13,25
Fe_2O_3	2,2	1,64	2,80	0,71
FeO	1,6	3,01	1,87	3,77
MnO	0,1	0,06	0,05	0,35
MgO	1,6	1,28	3,29	1,55
CaO	1,3	1,25	0,83	1,98
Na_2O	2,9	2,57	4,33	3,62
K_2O	1,6	1,00	1,78	1,56
H_2O^+	2,8	2,00	2,38	2,36
H_2O^-	0,3	0,26	0,80	—
P_2O_5	0,2	0,05	0,06	0,15
C/CO_2	0,6	0,09/1,10	CO_2 0,52	CO_2 1,64
			C 0,07	C 0,10
S			0,08	0,02
	100,0	100,03	100,01	100,27

I Durchschnitt aus 6 Proben Kulmgrauwacke (Mattiat). II Durchschnitt aus 6 Proben Kulmgrauwacke (Locher). III Durchschnitt aus 3 Proben Tanner Grauwacke (Helmbold). IV Durchschnitt aus 2 Proben Tanner Grauwacke (Huckenholz).

* Nicht veröffentlicht.

Ein Vergleich mit einigen wenigen Dünnschliffen von Kulmgrauwacke aus der Gegend von Gießen, die mir freundlicherweise Herr D. Hennigsen zur Verfügung stellte, läßt ebenfalls eine weitgehende Übereinstimmung in den Gesteinsbruchstücken mit der Oberharzer Kulmwacke erkennen.

Man kann nach diesen Untersuchungen, zumindest für die Tanner und die Kulmgrauwacke im Harz, dasselbe Liefergebiet verantwortlich machen. Ob, und wie weit bei der Entstehung der Kulmgrauwacke etwa schon tiefere Stockwerke des Festlandes von der Abtragung erfaßt waren, ist schwer zu sagen. Die Zunahme an Gneisbruchstücken in den Kulmgrauwacken scheint mir für eine derartige Aussage nicht genügend gesichert zu sein. Der Unterschied im Quarz-Feldspatverhältnis kann auch durch klimatische Veränderungen oder auch durch Unterschiede in der Länge des Transportsweges erklärt werden.

Um diese Aussagen in einen noch größeren Zusammenhang stellen zu können, fehlen uns noch exakte petrographische und mineralogische Untersuchungen der Kulmgrauwacke des Rheinischen Schiefergebirges und unter Umständen auch der Grauwacke aus dem Flözleeren. Darüber hinaus wäre eine gute zusammenfassende mineralogisch-petrographische Untersuchung der Konglomerathorizonte aus all diesen Gebieten zu begrüßen.

Ich halte es nicht für sinnvoll, die von mir untersuchte Oberharzer Kulmgrauwacke in irgendeines der von früheren Autoren aufgestellten Schemata zu stecken. Ich habe es vielmehr als meine Aufgabe betrachtet, eine möglichst genaue Bescheibung und Charakterisierung eines Gesteines zu geben, das zu den ersten gehörte, auf die man den Namen Grauwacke anwendete. Dieses Gestein sei noch einmal kurz charakterisiert als eine Grauwacke, im Durchschnitt bestehend aus: 27% Quarz, 19% Feldspat, 21% Zwischenmittel (hauptsächlich Chlorit und Glimmer), 30% Gesteinsbruchstücken, 2% Schwermineralen, 1% selten auftretenden Bestandteilen.

Ich danke meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. C. W. Correns, für die Überlassung dieser Arbeit und für alles, was ich im Mineralogischen und Sedimentpetrographischen Institut der Universität Göttingen unter seiner Leitung lernen durfte.

Für zahlreiche anregende Diskussionen und wertvolle Hinweise bin ich Frau Dr. P. Schneiderhöhn, Herrn Doz. Dr. O. Braitsch, Herrn Doz. Dr. K. H. Wedepohl, Herrn Prof. Dr. S. Koritnig und Herrn Dr. F. Lippmann zu besonderem Dank verpflichtet.

Herrn R. Schlote danke ich für sein freundliches Entgegenkommen bei der Herstellung von etwa 200 Dünnschliffen. Für verständnisvolle Hilfsbereitschaft habe ich allen Angestellten des Instituts zu danken. Wertvolle stratigraphische Hinweise verdanke ich der Freundlichkeit von Herrn Dr. H. Schneider.

Zusammenfassung

Mit dem Ziel einer möglichst genauen Beschreibung und Charakterisierung wurden zwei Profile aus der Oberharzer Kulmgrauwacke untersucht. Es handelt sich dabei um Profile aus der ältesten und der jüngsten stratigraphisch gesicherten Grauwacke führenden Kulmstufe in diesem Gebiet (III β 3 und III γ).

Um eine möglichst große Allgemeingültigkeit der Aussagen zu sichern, wurden zusätzlich Proben aus sieben weiteren Aufschlüssen, die über das ganze Oberharzer Gebiet verteilt sind, zu Vergleichsuntersuchungen herangezogen.

Die Mineral- und Gesteinskomponenten der Proben wurden mikroskopisch bestimmt und beschrieben. Ihr Gehalt wurde quantitativ nach dem Punktzählverfahren von Glagolev in Dünnschliffen bestimmt.

Von verschiedenen charakteristischen Proben mit verschiedenem mittleren Korndurchmesser wurden quantitative chemische Analysen durchgeführt, ihre Korngrößenverteilung ermittelt und die Korngestalt ihrer wichtigsten Komponenten beschrieben.

Eine besondere — hauptsächlich röntgenographische Untersuchung — wurde an den, den Grauwacken zwischengeschalteten Tonschiefern und an den Tonschieferflatschen in den Grauwacken durchgeführt.

Anhand der Untersuchungsergebnisse wurde eine Deutung der Entstehungsbedingungen versucht. Dabei wurden Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Liefergebietes, sowie Fragen nach dem Abtragungs-, Transport- und Ablagerungsmechanismus dieser Grauwacken besonders berücksichtigt.

Literatur

[1] Brindley, G. W.: X-ray identification and crystall structures of clay-minerals. Mineral. Soc. London 1951.

[2] Brinkmann, R.: E. Kayser, Abriß der Geologie, Bd. I u. II. Stuttgart: Ferdinand Enke 1954.

[3] Chayes, F.: Petrographic modal analysis. London: Willey & Sons 1956.

[4] Chayes, F., and H. W. Fairbairn: A test of the precision of thinsection. Analysis by point counter. Amer. Mineralogist **36**, 704—712 (1951).
[5] Correns, C. W.: Einführung in die Mineralogie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1949.
[6] Correns, C. W.: Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Vermessungsschiff „Meteor", Teil III, Sedimente. 1937.
[7] Correns, C. W.: Zur Methodik der Schwermineraluntersuchung. Z. angew. Mineral. **4** (1943).
[8] Correns, C. W.: Chemische Verwitterung der Silikate. Naturwiss. **28**, 369ff. (1940).
[9] Drescher-Kaaden, F. K.: Die Feldspat-Quarz-Reaktionsgefüge der Granite und Gneise und ihre genetische Bedeutung. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1948.
[10] Fischer, H.: Petrographie der Grauwacke. Jb. Preuß. Geol. Landesanst. **54**, 320—343 (1933).
[11] Freise, F. W.: Untersuchung von Mineralen auf Abnutzbarkeit bei Verfrachtung in Wasser. Z. Kristallogr., Petrogr., Abt. B. **41**, 1—7 (1931).
[12] Freund, H.: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. IV, Teil 1. Frankfurt a. M.: Umschau-Verlag 1955.
[13] Fuhrmann, A.: Die Gliederung der Kulmstufe IIIβ in der Umgebung von Clausthal-Zellerfeld. Geol. Jb. **66**, 227—248 (1951).
[14] Goodyear, J., and W. J. Duffin: The identification and determination of plagioclase felspars by X-ray powder method. Mineral. Mag. J. mineral. Soc. **30**, 306—326 (1954).
[15] Helmbold, R.: Beitrag zur Petrographie der Tanner Grauwacke. Heidelbg. Beitr. Mineral. u. Petrogr. **3**, 243—288 (1952).
[16] Hillebrand, W. F., and G. E. F. Lundell: Applied inorganic analysis. New York 1955.
[17] Jasmund, K.: Die silikatischen Tonminerale, 2. Aufl. Weinheim (Bergstr.): Verlag Chemie 1955.
[18] Kobold, A.: Die Gliederung des Oberharzer Kulm nach Goniatiten. Jb. Preuß. Geol. Landesanst. **53**, 450—515 (1932).
[19] Kuenen, Ph., H.: Graded bedding with observations on lower paleozoic rocks. Brit. Amsterd. 8 (Verh. Acad.) 1953.
[20] Kuenen, Ph. H., and C. I. Migliorini: Turbidity currents as a cause of graded bedding. J. Geology **58**, 91—127 (1950).
[21] Kuenen, Ph., H., and H. W. Menard: Turbidity currents, graded and non graded deposits. J. Sedim. Petrogr. **22**, 83—96 (1952).
[22] Kuenen, Ph., H., and A. Carozzi: Turbidity currents and sliding in geosynklinal basins of the Alps. J. Geology **61**, 363—373 (1953).
[23] Kuenen, Ph. H.: The difference between sliding and turbidity flow. Deep-Sea Res. **3**, 134—139 (1956).
[25] Kuenen, Ph., H., and J. E. Sanders: Sedimentation phenomenes in Kulm and Flözleeres Graywacke in Sauerland Oberharz, Germany.
[26] Kuenen, Ph. H.: Sole markings of graded Graywacke — beds. J. Geology **65**, 231ff. (1957).
[27] Krynine, P. D.: The megascopic study and field classification of sedimentary rocks. J. Geology **56** (1948).
[28] Machatschki, F.: Spezielle Mineralogie. Wien: Springer 1953.
[29] Mägdefrau, K.: Paläobiologie der Pflanzen, 2. Aufl. Jena: Gustav Fischer 1953.
[30] Mempel, G.: Die Gliederung des Kulms in der Sösemulde und die Kulmkonglomerate im Oberharz. Abh. Preuß. Geol. Landesanst., N.F., 153 (1933).
[31] Moos, A., v., u. F. de Quervain: Technische Gesteinskunde. Basel: Birkhäuser 1948.
[32] Münzner, H., u. P. Schneiderhöhn: Das Sehnenschnittverfahren, eine Methode zur Bestimmung der Korngrößenverteilung klastischer Sedimentgesteine aus Dünnschliffen. Heidelbg. Beitr. Mineral. u. Petr. **3**, 456—471 (1953).
[33] Pettijohn, F. J.: Sedimentary rocks, 2. edit. New York: Harper & Brothers 1956.
[34] Rimsaite, J.: Über die Eigenschaften der Glimmer in Sanden und Sandsteinen. Beitr. Mineral. u. Petr. **6**, 1—51 (1957).
[35] Rosenbusch, H.: Elemente der Gesteins-Lehre. Bearbeitet von A. E. Osann. Stuttgart: Schweizbartsche Verlagsbuchhandlung 1923.
[36] Schmidt, H.: Die karbonischen Goniatiten Deutschlands. Jb. Preuß. Geol. Landesanst. **45**, 489—609 (1924).

[37] Schmidt, H.: Zur Stratigraphie des Unterkarbons im Harz. Z. dtsch. geol. Ges. **91**, H. 7.
[38] Schneider, H.: Teilprofile der Kulmstufe III (Visé) im Innerstetal bei Clausthal und Lautenthal (Oberharz). Roem. I (Dahlgrün-Festschrift), S. 103—132. 1954.
[39] Schneiderhöhn, P.: Eine vergleichende Studie über Methoden zur quantitativen Bestimmung von Abrundung und Form an Sandkörnern. Heidelbg. Beitr. Mineral. u. Petr. **4**, 172—191 (1954).
[40] Schneiderhöhn, P.: Untersuchungen zur Siebanalyse von Sanden und zur Darstellung ihrer Ergebnisse. Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont. [Abh.] **85**, 141—202 (1953).
[41] Schriel, W.: Die Geologie des Harzes. Hannover 1954.
[42] Schüller, A.: Petrographie und tektonische Stellung des metamorphen Granites von Dessau. Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont. [Abh.] Abt. A **82**, 121—142 (1951).
[43] Shapiro, L., and W. W. Brannock: Rapid analysis of silicate rocks. Geol. Survey Bull. 165 (1951).
[44] Tröger, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil I. Stuttgart: Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1956.
[45] U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Applied Methematics. Ser. 10: Tables for conversion of X-ray diffraction angles to interplaner spacing.
[46] Wedepohl, K. H.: Spurenanalytische Untersuchung an Tiefseetonen aus dem Atlantik. Cosm. et Geoch. Act. (1960).
[47] Weigelt, J.: Die Gliederung und die Formenverteilung im unteren Kulm des Oberharzes. Jb. Preuß. Geol. Landesanst. **37**, 157—271 (1918).
[48] Huckenholz, H. G.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an Gesteinen der Tanner Grauwacke. Beitr. Mineral. u. Petrogr. **6**, 261—298 (1959). (Diese Arbeit konnte leider erst in den letzten Kapiteln berücksichtigt werden.)

Dr. Bernhard Mattiat,
Bundesanstalt für Bodenforschung Hannover, Wiesenstr. 1

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg

LEBENSLAUF

Am 15. Februar 1932 wurde ich als Sohn des Pfarrers Eugen Mattiat und seiner Ehefrau Gertrud Mattiat, geb. Ilse, in Göttingen geboren.
Infolge von Versetzungen meines Vaters lebten wir in den Jahren 1933 bis 1934 in Hannover und in den Jahren 1934 bis 1938 in Berlin.
Im Jahre 1938 wurde mein Vater nach Göttingen berufen, und wir zogen wieder in meine Geburtsstadt.
Von Ostern 1938 bis zum Sommer 1942 besuchte ich dort die Volksschule.
Mit Kriegsausbruch wurde mein Vater Soldat. Die Erziehung und Versorgung der Kinder - ich habe noch vier Geschwister - lag nun allein in den Händen meiner Mutter. Meine Eltern entschlossen sich deshalb, mich im Frühjahr 1942 auf die Staatliche Heimschule (Oberrealschule) in Dingelstädt zu schicken.
Nach Kriegsende arbeitete ich zunächst bis zum Oktober 1945 in einem landwirtschaftlichen Betrieb. Dann konnte ich die Aufnahmeprüfung für die Felix-Klein-Oberschule in Göttingen ablegen. Diese Schule besuchte ich (zuletzt im sprachlichen Zweig) bis zu meinem Abitur im Jahre 1951.

1949 kehrte mein Vater aus der Gefangenschaft zurück. Schon als Schüler faßte ich den Entschluß, evangelische Theologie zu studieren und Pfarrer zu werden.

Im Sommersemester 1951 wurde ich als Student der Theologie an der Georg - August- Universität in Göttingen immatrikuliert. Ich gab dieses Studium aus persönlichen Gründen nach vier Semestern wieder auf.

Seit dem Sommersemester 1953 studierte ich in Göttingen Mineralogie.

Bis zum sechsten Semester meines Mineralogiestudiums arbeitete ich regelmäßig in den Semesterferien als Werkstudent im Ruhrkohlenbergbau unter Tage, um mir das Geld für mein Studium zu verdienen.

Für das Wintersemester 1954/55 ließ ich mich aus diesem Grunde beurlauben. Ich hatte damals Gelegenheit, eine selbständige, staubtechnische Arbeit zu schreiben. Diese Zeit, die ich als Werkstudent verbrachte, war für mich in vieler Hinsicht sehr lehrreich. Obwohl sie mein Studium etwas verlängert hat, betrachte ich sie keineswegs als verlorene Zeit.

Im Sommersemester 1956 legte ich mein Zwischenexamen in Mineralogie (Nebenfächer: Geologie, Chemie, Physik) ab. Die Zwischenarbeit, die ich anschließend schrieb, behandelt die Petrographie eines Diabasporphyrits aus dem Oberharz.

Seit dem Herbst 1957 bis zum November 1959 arbeitete ich an meiner Dissertation über die Petrographie der Oberharzer Kulmgrauwacke. Am 18. Dezember 1959 legte ich die mündliche Prüfung zum Doktorexamen ab.

Seit dem August 1957 bin ich verheiratet. Am 19. Dezember 1959 wurde mein Sohn Stefan geboren.

Meine akademischen Lehrer waren:

Professor Dr. O. WEBER, Professor Dr. E. WOLF, Professor Dr. H. DÖRRIES, Professor Dr. W. ZIMMERLI, Professor Dr. E. KÄSEMANN.

Professor Dr. C.W. CORRENS, Professor Dr.J.ZEMANN, Professor Dr. E. BEDERKE, Professor Dr. O.GLEMSER, Professor Dr. R. HILSCH, Professor Dr. A.FLAMMERSFELD, Professor Dr. W. JOST, Professor Dr. S. KORITNIG, Professor Dr. K. JASMUND, Professor Dr. Frhr. von ENGELHARDT, Professor Dr. E. GRAESER, Professor Dr. W. SCHOTT, Professor Dr. H. SCHMIDT,

Frau Dr. P. SCHNEIDERHÖHN, Dozent Dr. K. H. WEDEPOHL, Dozent Dr. O. BRAITSCH.

Hannover, den 17. Oktober 1960